



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

DISSERTAÇÃO

**ÍNDICES DE QUALIDADE BIOLÓGICA DO SOLO EM ÁREA SOB MANEJO
DE ADUBOS VERDES**

KARLA SELENE FORSTALL SOSA

AREIA - PB

2019



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA



**ÍNDICES DE QUALIDADE BIOLÓGICA DO SOLO EM ÁREA SOB MANEJO
DE ADUBOS VERDES**

KARLA SELENE FORSTALL SOSA

Sob a orientação do Professor

Djail Santos

Sob co-orientação do Professor

Tancredo Augusto Feitosa de Souza

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia da Universidade Federal da Paraíba, como parte dos requisitos para obtenção do título de “**Mestre em Agronomia**”.

AREIA – PB

Agosto de 2019

Catálogo na publicação
Seção de Catalogação e Classificação

F733i Forstall-Sosa, Karla Selene.

Índices de qualidade biológica do solo em área sob
manejo de adubos verdes / Karla Selene Forstall-Sosa. -
Areia, 2019.

76 f. : il.

Orientação: Djail Santos.

Coorientação: Tancredo Augusto Feitosa de Souza.

Dissertação (Mestrado) - UFPB/CCA.

1. Fungos micorrízicos arbusculares. 2. Gramíneas. 3.
Índices ecológicos. 4. Leguminosas. 5. Macroartrópodes
do solo. I. Santos, Djail. II. Souza, Tancredo Augusto
Feitosa de. III. Título.

UFPB/CCA-AREIA

© 2019 by Karla Selene Forstall Sosa

Nenhuma parte desta publicação pode ser reproduzida, por qualquer meio ou forma, sem a
autorização escrita e prévia do detentor do copyright.



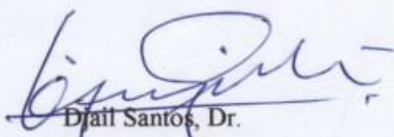
UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

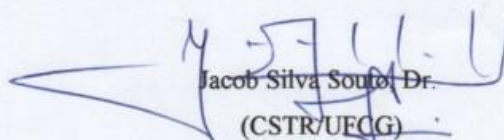


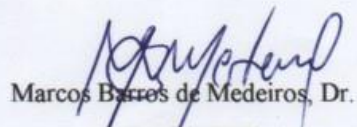
**TÍTULO: ÍNDICES DE QUALIDADE BIOLÓGICA DO SOLO EM ÁREA SOB MANEJO
DE ADUBOS VERDES**

AUTORA: KARLA SELENE FORSTALL SOSA

Aprovado como parte das exigências para obtenção do título de MESTRE em AGRONOMIA
(Agricultura Tropical) pela comissão examinadora:


Jail Santos, Dr.
(DSER/UFPB)
(Orientador)


Jacob Silva Souza, Dr.
(CSTR/UECG)
(Examinador Interno)


Marcos Barros de Medeiros, Dr.
(DPAG/UFPB)
(Examinador Externo)

Data de realização: 29 de agosto de 2019

*A meus pais, minha família e a todos aqueles que
foram parte importante na realização deste sonho.*

DEDICO

AGRADECIMENTOS

À Deus, pelo milagre da vida, por ter guiado meus passos em todos os momentos, mesmo quando não conhecia a direção. Pelos anjos que estrategicamente me apresentou.

Aos meus pais Carlos Oscar Forstall Cortes e Beatriz Sosa Sarmiento, por serem minha força e exemplo. Porque apesar das dificuldades nunca me negaram a oportunidade de seguir meus sonhos. Por vocês e para vocês, mais uma conquista!

À Oscar, meu anjo guardião, por ser minha companhia, alegria e coragem em momentos de dificuldade. Onde quer que você esteja. Ao meu irmão Francisco, por me dar a motivação necessária para lhe mostrar que os sonhos viram realidade. A todos e cada um dos meus familiares, pelo apoio e motivação sempre.

À Carmelo, por ser meu apoio moral e espiritual, porque apesar das circunstâncias sempre está comigo.

À Universidade Federal da Paraíba (UFPB) pela oportunidade de realizar o mestrado. Ao corpo docente do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, pelos conhecimentos adquiridos, pela paciência e disposição que me proporcionaram em todos os momentos.

Ao “Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología” (CONACYT) e ao “Tecnológico Nacional de México” (TecNM) pelo patrocínio e financiamento da minha bolsa de mestrado.

Ao meu orientador Professor Djail Santos, pela oportunidade de chegar até aqui. Minha eterna gratidão pela paciência, ensinamentos e amizade para comigo.

Ao meu co-orientador Professor Tancredo Augusto Feitosa de Souza, pelas oportunidades. Minha eterna gratidão pela paciência, motivação, ensinamentos e amizade.

A todos os membros da equipe de pesquisa “*Tenda*” por terem acolhido uma mexicana e permitido contribuir e participar da equipe. Em especial a Diego, Ednaldo, Joaquim, Luan, Lucas, Ronaldo e Samuel pela paciência, amizade e companheirismo. Aos meus colegas de experimento Thamillys e Válber, pelo companheirismo.

À minha família brasileira Aderaldo, Edjane, Elisandra, Jean, Micaela, Paloma, Reynaldo, Roberto Tavares e Vitória, pelo amor e apoio, por serem meus anjos, minha força e determinação quando mais precisei.

Ao professor Mailson Monteiro do Rêgo pela paciência, apoio e amizade em todo momento para comigo.

Ao professor Ademar Pereira de Oliveira pela disponibilidade da área para a realização do experimento. Aos funcionários Fã, Jó, Xurú e Vavá pelo apoio no campo.

Minha eterna gratidão!

FORSTALL-SOSA, K.S. **Índices de qualidade biológica do solo em área sob manejo de adubos verdes**. 2019. 76 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal da Paraíba. Areia, 2019.

RESUMO GERAL: Na busca da sustentabilidade na agricultura, a utilização de espécies vegetais com características botânicas benéficas às propriedades biológicas do solo tem sido considerada como alternativa às práticas convencionais. Objetivou-se avaliar o efeito do cultivo de espécies de plantas das famílias *Fabaceae* e *Poaceae* nas comunidades de macroartrópodes e fungos micorrízicos arbusculares do solo em ambiente semiárido. O estudo foi desenvolvido em condições de campo, em 3 blocos (DBC); constituído por 10 tratamentos. Os tratamentos foram: *Crotalaria juncea* L., *C. spectabilis* Roth, *C. ochroleuca* G. Don, *Canavalia ensiformis* (L.) DC., *Dolichos lablab* L., *Mucuna pruriens* (L.) DC., *Stizolobium aterrimum* Piper & Tracy, *Neonotonia wightii* (Wight & Arn.) J.A. Lackey, *Pennisetum glaucum* (L.) R.Br., e *Brachiaria decumbens* Stapf cv. Basilisk + plantas espontâneas. Para determinar os efeitos das espécies para adubação verde sobre a comunidade de macroartrópodes e de fungos micorrízicos no solo foram avaliados produção de biomassa seca, pH, carbono orgânico total do solo, riqueza de grupos (S), índice de diversidade de Shannon (H') e índice de dominância de Simpson (C). Exclusivamente, para avaliação da influência dessas espécies vegetais sobre as comunidades de fungos micorrízicos arbusculares (FMA), foi realizada uma comparação de todas as variáveis analisadas em função de uma plantação de *Eucalyptus globulus* Labill e uma Floresta tropical úmida. Os dados foram submetidos ao teste Shapiro-Wilk para determinar a normalidade na distribuição dos dados. Para as significâncias dos índices ecológicos foi utilizada ANOVA do tipo “two-way” e aplicado o teste Bonferroni a 5%. Com base nos dados obtidos foram geradas equações para estimar a qualidade biológica do solo (IQBS), assim como o índice de qualidade micorrízica (IQM) nas áreas avaliadas. As espécies de plantas da Família *Fabaceae* proporcionam condições positivas para a manutenção de uma comunidade de macroartrópodes diversificada, sendo *C. spectabilis* e *C. ochroleuca* as espécies com maior riqueza e diversidade nas estações chuvosa e seca, respectivamente. Para as comunidades de FMAs as espécies de plantas que promoveram os melhores resultados nos índices ecológicos foram *P. glaucum*, *C. ensiformis*, *S. aterrimum* e *N. wightii*, quando comparados com *Eucalyptus globulus* Labill e a Floresta tropical úmida.

Palavras-Chave: Fungos micorrízicos arbusculares, Gramíneas, Índices ecológicos, Leguminosas, Macroartrópodes do solo

FORSTALL-SOSA, K.S. **Soil biological quality indexes in an area under green manure management**. 2019. 76 f. Dissertation (Master in Agronomy) – Federal University of Paraíba. Areia, 2019.

MAIN ABSTRACT: In the search for a sustainable agriculture the use of plant species that promotes soil biological properties has been considered as an alternative to soil conservation practices. Our aim here was to evaluate the effects of plant species cultivation on both the soil macroarthropods and arbuscular mycorrhizal fungi communities in a semiarid ecoregion. The study was developed in field conditions, using a randomized blocks design with ten treatments (*Crotalaria juncea* L., *C. spectabilis* Roth, *C. ochroleuca* G. Don, *Canavalia ensiformis* (L.) DC., *Dolichos lablab* L., *Mucuna pruriens* (L.) DC., *Stilozobium aterrimum* Piper & Tracy, *Neonotonia wightii* (Wight & Arn.) J.A. Lackey, *Pennisetum glaucum* (L.) R. Br., and a control treatment (a mix of *Brachiaria decumbens* Stapf cv. Basilisk and native weeds), in three independent blocks. In order to evaluate the effects of plant species cultivation on both the soil macroarthropod and arbuscular mycorrhizal fungal communities, we evaluated the plant dry biomass production, soil pH, soil total organic carbon, species richness (S), Shannon's diversity index (H') and Simpson's dominance index (C). For the effects of plant species cultivation on arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) communities, we compared our results with two additional control treatments (*Eucalyptus globulus* Labill and a tropical moist forest). The Shapiro-Wilk test was applied to assess the normality of the data distribution. Two-way ANOVA was used to test significant differences between species richness, H' index, and C index. The Bonferroni's test was applied at 5% probability. Based on our results, we generated two equations to estimate the soil biological quality index (IQBS), as well as the mycorrhizal quality index (IQM). We found the highest values of soil macroarthropod richness and H' index in the plots where *C. spectabilis* and *C. ochroleuca* were cultivated. The plant species with the best results in the ecological indexes were *P. glaucum*, *C. ensiformis*, *S. aterrimum* and *N. wightii*, when compared with *Eucalyptus globulus* Labill and tropical moist forest.

Keywords: Arbuscular mycorrhizal fungi, Ecological indexes Grasses, Legume, Soil macroarthropods

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO I

Tabela 1. Espécies de plantas utilizadas como adubos verdes	18
Tabela 2. Propriedades químicas do solo (0-20 cm) da área avaliada antes da implantação do experimento	19
Tabela 3. Índice de qualidade biológica do solo proposto para as características do experimento de campo, Areia, Paraíba, Brasil, 2018	23

CAPÍTULO II

Tabela 1. Espécies de plantas utilizadas como adubos verdes	4018
Tabela 2. Propriedades químicas do solo (0-20 cm) da área avaliada antes da implantação do experimento	42
Tabela 3. Maiores valores dos índices de riqueza (S), diversidade de Shannon (H'), dominância de Simpson (C) e número de esporos (NS) nas espécies de plantas usadas como adubos verdes, floresta tropical úmida e platio de <i>E. globulus</i> ($P<0.05$).....	235
Tabela 4. Índice de qualidade micorrízica proposto nas características do experimento de campo, Areia, Paraíba, Brasil, 2018	49

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO I

Figura 1. Precipitação (mm), temperatura média (°C) para a área experimental em Areia, Paraíba, Brasil (junho a dezembro de 2018); os dados foram obtidos no site http://www.inmet.gov.br	17
Figura 2. Biomassa seca de cada espécie de planta estudada nas duas estações do ano ($N = 1200$).....	18
Figuras 3A – 3B. Percentagem de frequência de macroartrópodes nos dois períodos de amostragem para as famílias <i>Fabaceae</i> (3A) e <i>Poaceae</i> (3B)	21
Figura 4. PCA dos atributos do solo, sazonalidade, produção de biomassa e comunidade de macroartrópodes do solo nas dez espécies de plantas usadas como adubos verdes.	24

CAPÍTULO II

Figura 1. Precipitação (mm), temperatura média (°C) para a área experimental em Areia, Paraíba, Brasil (junho a dezembro de 2018); os dados foram obtidos no site http://www.inmet.gov.br	39
Figura 2. Biomassa seca de cada tratamento estudado ($N = 1220$). A produção da floresta úmida tropical e plantio de <i>E. globulus</i> foi caracterizada pela deposição de serapilheira.....	41
Figura 3. Frequência de ocorrência (FOi) de FMA nas espécies de plantas para adubo verde na área estudada.....	46
Figura 4. PCA de espécies de AMF quando relacionada à biomassa seca e índice de diversidade de Shannon (H') para as dez espécies para adubação verde e os ambientes controle	47

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO GERAL	1
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	2
1. REVISÃO DE LITERATURA	4
1.1 Adubação verde.....	4
1.2 O uso de leguminosas para adubação verde.....	5
1.3 O uso de gramíneas para adubação verde	6
1.4 Macrofauna edáfica em resposta a práticas de adubação verde	6
1.5 Fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) em resposta a práticas de adubação verde	7
1.6 Índices de qualidade	8
2. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	9
CAPÍTULO I. Variações sazonais na estrutura da comunidade de macroartrópodes do solo em sistemas de adubação verde no Semiárido brasileiro	14
Abstract.....	14
Resumo	15
Introdução	15
Material e Métodos	17
Resultados	20
Discussão	24
Conclusões	28
Referências.....	30
CAPÍTULO II. Composição da comunidade de fungos micorrízicos arbusculares em sistemas de adubação verde do Semiárido brasileiro	36
Abstract.....	36
Resumo	37
Introdução	38

Material e Métodos	39
Resultados	44
Discussão	50
Conclusões	53
Referências.....	54
3. CONCLUSÕES GERAIS.....	58
4. ANEXOS	59

INTRODUÇÃO GERAL

A agricultura tradicional praticada no Nordeste brasileiro, que usa o corte-e-queima da vegetação como principal prática de preparo de área, assim como a utilização de fertilizantes sintéticos para a manutenção dos cultivos, tem provocado um gradual desequilíbrio ambiental com reflexos na perda da capacidade produtiva do solo, diminuição das comunidades de organismos edáficos (i.e., macroartrópodes e fungos micorrízicos arbusculares) e consequente abandono das áreas produtivas quando consideradas como “degradadas” (CHIEZA et al., 2017), comprometendo assim a segurança agrícola das futuras gerações (TIVET et al., 2013).

Na busca de manejos ambientais que permitam atingir a sustentabilidade nos processos de produção agrícola, melhorando as características físicas, químicas e biológicas do solo, o uso de espécies vegetais como fornecedoras de matéria orgânica de qualidade tem sido considerado como alternativa de crescente interesse por parte dos agricultores (CUNHA et al., 2011; COSTA et al., 2013; WUTKE et al., 2014). A adubação verde consiste basicamente na utilização de espécies de plantas que, de acordo com as suas características botânicas, gerem benefícios progressivos nos atributos do solo (i.e., agregação das partículas do solo, incremento nos estoques de C, aumento da atividade da biota edáfica) (SOUZA et al., 2015; CAMPOS et al., 2019; MELO et al., 2019a).

Diversos estudos têm sido desenvolvidos para avaliar o rendimento de espécies de plantas para adubação verde nas condições de solo arenoso do Semiárido brasileiro, estudando principalmente a adaptabilidade das culturas à região, produção de biomassa, trocas gasosas, mudanças nas propriedades químicas do solo, mostrando resultados favoráveis para espécies das famílias Fabaceae e Poaceae (SOUZA et al., 2018; MELO et al., 2019b). Dentre as plantas com recomendação para adubação verde, têm principal destaque aquelas que proporcionam alta produção de biomassa, alto valor nutricional no tecido vegetal, elevada atividade radicular e rápido crescimento, promovendo a manutenção da biodiversidade da fauna do solo (SOUZA; FREITAS, 2017; SOUZA et al., 2018; MELO et al., 2019a, b).

No entanto, são poucos os estudos voltados a verificar a influência da adubação verde sobre a atividade e ocorrência das comunidades de organismos no solo, nas condições da região semiárida brasileira, com o intuito de implementar práticas sustentáveis e eficientes de uso do solo. Dessa forma, objetivou-se avaliar o efeito do cultivo de espécies de plantas das famílias *Fabaceae* e *Poaceae* nas comunidades de macroartrópodes e fungos micorrízicos arbusculares do solo em ambiente semiárido.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CAMPOS, Luiz Fernandes Cardoso *et al.* Effect of nutrient cycle influenced by inter-row cover crops on the nutritional status of rustic grapevine. **Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín**, v.72, n.1, p.8685-8698, jan, 2019.

CHIEZA, Emerson Dalla *et al.* Produção e aspectos económicos de milho consorciado com *Crotalaria juncea* L. em diferentes intervalos de semeadura, sob manejo orgânico. **Revista Ceres**, Viçosa, v.64, n.2, p.189-196, mar, 2017.

COSTA, Eliane Martins; SILVA, Helane França; ALMEIDA RIBEIRO, Paula Rose. A. Matéria orgânica do solo e o seu papel na manutenção e produtividade dos sistemas agrícolas. **Enciclopédia Biosfera**, v.9, n.17, p.1842-1860, dez, 2013.

CUNHA, Eurâimi de Queiroz *et al.* Soil tillage systems and cover crops in organic production of common bean and corn: I-soil physical properties. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.35, n.2, p.589-602, mar, 2011.

MELO, Luan Nunes; SOUZA, Tancredo Augusto Feitosa; SANTOS, Djail. Cover crop farming system affects macroarthropods community diversity in Regosol of Caatinga, Brazil. **Biologia**, p.1-8, v.75, mai, 2019a.

MELO, Luan Nunes; SOUZA, Tancredo Augusto Feitosa; SANTOS, Djail. Transpiratory rate, biomass production and leaf Macronutrient content of different plant species cultivated on a Regosol in the Brazilian Semiarid. **Russian Agricultural Sciences**, v.45, n.2, p.147-153, mar, 2019b.

SOUZA, Tancredo Augusto Feitosa; FREITAS, Helena. Arbuscular mycorrhizal fungal community assembly in the Brazilian tropical seasonal dry forest. **Ecological Processes**, v.6, n.1, p.2-10, jan, 2017.

SOUZA, Tancredo Augusto Feitosa; RODRIGUES, Andrea Fernandes; MARQUES, Luciano Façanha. Long-term effects of altp and conventional fertilization I: Effects on arbuscular mycorrhizal fungi community composition. **Russian Agricultural Sciences**, v.41, n.6, p.454-461, nov, 2015.

SOUZA, Giliane Aparecida Vicente da Silva *et al.* Agronomic Evaluation of Legume Cover Crops for Sustainable Agriculture. **Russian Agricultural Sciences**, v.44, n.1, p.31-38, jan, 2018.

TIVET, Florent *et al.* Aggregate C depletion by plowing and its restoration by diverse biomass-C inputs under no-till in sub-tropical and tropical regions of Brazil. **Soil and Tillage Research**, v.126, p.203-218, jan, 2013.

WUTKE, E. B.; CALEGARI, A.; WILDNER, L. do P. Espécies de adubos verdes e plantas de cobertura e recomendações para seu uso. In: LIMA FILHO, O.F.; AMBROSANO, E.J.; ROSSI, F. (Org.) **Adubação verde e plantas de cobertura no Brasil**: fundamentos e práticas. Brasília: Embrapa, DF, 2014. p.59-168.

1. REVISÃO DE LITERATURA

1.1 Adubação verde

Na produção agrícola, assim como em qualquer outro sistema, torna-se indispensável conhecer os fatores envolvidos no processo, desde as propriedades edafoclimáticas da região, até as necessidades culturais da espécie de planta a ser cultivada. O Nordeste brasileiro possui uma distribuição irregular pluviométrica e elevados índices de evaporação, pelo qual são característicos da região solos pouco profundos, com baixa capacidade de retenção de água e conseguinte diminuição na disponibilidade de nutrientes às plantas (MEDEIROS et al., 2012; MORO et al., 2016).

No Brasil, as diversas práticas de conservação do solo têm ganhado importância após a percepção da necessidade de mudança nos sistemas de produção convencionais que por muitos anos prevaleceram nas propriedades agrícolas e que geraram ambientes com desequilíbrio ecossistêmico (i.e., perda na fertilidade do solo, erosão, diminuição da biota edáfica, contaminação de solo e água, entre outros), assim como dependência do uso de insumos externos pelos agricultores (i.e., adubos químicos) (TEODORO et al., 2018; MELO et al., 2019a). Para Rivero Herrada et al. (2017), o uso de adubos verdes como método de fertilização orgânica representa uma eficaz alternativa para o aproveitamento das potencialidades produtivas locais.

Com base no anterior se faz necessária a adoção de métodos de proteção ao solo, tais como a utilização de plantas que de acordo com as suas características botânicas, permitam serem adicionadas ao solo, contribuindo na redução e/ou mitigação da degradação do mesmo, e que a longo prazo gerem benefícios múltiplos no processo produtivo (i.e., aporte de matéria orgânica, estabilidade estrutural, aumento na capacidade de retenção de água, disponibilidade de nutrientes e aumento na diversidade da biota no solo) (GUARESCHI et al., 2012; SANGALLI et al., 2016; MELO et al., 2019b).

A utilização de espécies vegetais com características específicas que atendem às necessidades edáficas, e mesmo das culturas subsequentes, tem sido implementada desde épocas ancestrais ao redor do mundo, onde era necessário suprir os requerimentos nutricionais das culturas de interesse estabelecidas, assim como garantir o fornecimento de alimento através

da manutenção da capacidade produtiva do solo (FLORENTÍN et al., 2010; TEODORO et al., 2011).

A partir dessa necessidade surgem as práticas de adubação verde, que consiste na utilização de espécies vegetais, as quais, integradas ao solo geram múltiplos benefícios nas suas propriedades físicas (i.e., aumento na porosidade e descompactação do solo resultando no aumento na capacidade de retenção de água), químicas (i.e., fornecimento de nitrogênio pelas plantas da família *Fabaceae*), e biológicas (i.e., incremento na ocorrência de microrganismos edáficos) (TEODORO et al., 2018). É importante ressaltar que existem espécies vegetais específicas para serem trabalhadas como adubos verdes, sendo as mais utilizadas as leguminosas e gramíneas.

1.2 O uso de leguminosas para adubação verde

As espécies de leguminosas por possuírem propriedades biológicas na fixação de nitrogênio ambiental, rápido crescimento, assim como eficiência na produção de matéria seca, e por apresentarem altos teores de macronutrientes foliares têm sido amplamente utilizadas como plantas para adubação verde (SILVA et al., 2010). Existindo destaque nas espécies da família *Fabaceae* (i.e., *Crotalaria juncea* L., *Crotalaria spectabilis* Roth, *Crotalaria ochroleuca* G. Don, *Canavalia ensiformis* (L.) DC., *Dolichos lablab* L.) (MASSAD et al., 2014).

Em estudo realizado por Ambrosano et al. (2011) o estabelecimento prévio do cultivo de *Crotalaria juncea* L. resultou num acréscimo de 129,9% na produtividade física e de açúcar do canavial na média de cinco colheitas. Enquanto que, para Massad et al. (2014), o pré-cultivo de *C. juncea* representa uma alternativa na substituição da aplicação de esterco como fertilizante orgânico na produção de milho verde. Já para Bruning et al. (2015), o uso da espécie leguminosa *Melilotus officinalis* Lam., demonstrou ser uma excelente alternativa de fornecimento de nitrogênio em solos com altos níveis de salinidade (20 dS m⁻¹).

Em estudo desenvolvido por Melo et al. (2019b), plantas leguminosas da família *Fabaceae* (*Canavalia ensiformis*, *Crotalaria juncea*, *C. ochroleuca*, *Dolichos lablab* e *Mucuna pruriens*) mostraram altas taxas transpiratórias e produção de biomassa, além de apresentarem teores de macronutrientes superiores as das outras espécies avaliadas. Para Teodoro et al. (2018), quando avaliadas diferentes espécies de leguminosas sob condições de solo arenoso, o maior

resultado para produção de biomassa seca foi encontrado na *Crotalaria breviflora* DC., o que salienta a importância das leguminosas serem consideradas como alternativa na formação de reservas de nutrientes e consequente melhoria da fertilidade do solo.

1.3 O uso de gramíneas para adubação verde

O uso de espécies vegetais da família *Poaceae* como adubos verdes é dado essencialmente pela necessidade na utilização de plantas que ofereçam uma permanência maior dos seus resíduos no solo, e que pela sua composição química, sustentem a microbiota transformadora do solo (i.e., celulose utilizada como fonte de energia para bactérias e fungos edáficos), principalmente em ambientes em que as condições climáticas influenciam na decomposição dos materiais aplicados (SAGRILO et al., 2009; TEIXEIRA et al., 2009), assim como nas características do solo.

Por possuírem um sistema radicular de maior densidade do que outras espécies vegetais, as gramíneas (i.e., *Pennisetum glaucum* (L.) R. Br. e *Brachiaria decumbens* Stapf cv. Basilisk) têm demonstrado alta rusticidade às condições adversas (MELO et al., 2019b). Através da liberação de exsudados orgânicos no sistema radicular, estas plantas atuam diretamente contribuindo na formação e estabilização dos agregados do solo, assim como nas atividades da microbiota edáfica (BRANDÃO et al., 2012).

Em estudo desenvolvido por Teixeira et al. (2009), quando comparada a decomposição e liberação de nutrientes em palhadas de consórcios entre espécies leguminosas e gramíneas, a palhada de *P. glaucum* apresentou maior velocidade de liberação de nitrogênio. Já Padovan et al. (2012) recomendam o uso do *P. glaucum* para incorporação como adubo verde entre os estádios de grão leitoso e pastoso, que é quando apresenta maior acúmulo de biomassa e nutrientes.

1.4 Macrofauna edáfica em resposta a práticas de adubação verde

A macrofauna edáfica é constituída por espécies de invertebrados com tamanho superior a 2,00 mm (o que permite serem identificados a olho nu), e que desempenham diversos serviços ecossistêmicos na área de ocorrência, atuando principalmente em processos de decomposição e ciclagem dos nutrientes, com decorrente aumento na fertilidade do solo (GABRIEL et al., 2010; VASCONCELLOS et al., 2013; MIKANOVÁ et al., 2013), além de agir como organismos predadores, detritívoros e parasitas. Por serem organismos que passam a maioria

do seu ciclo de vida no solo, são considerados como indicadores de equilíbrio ambiental, principalmente as relacionadas com disponibilidade de matéria orgânica (SACKETT et al., 2010; ROY et al., 2018).

De acordo com Gabriel et al. (2010), as comunidades de macroartrópodes edáficos são fortemente influenciadas em sua abundância e diversidade pelas práticas de manejo das áreas agrícolas, podendo apresentar aumentos de 30 % e 50 %, respectivamente, quando implementados manejos orgânicos nas áreas produtivas. Para Roy et al. (2018) as práticas de manejo das áreas agrícolas devem considerar a estrutura e dinâmica das populações de espécies-chave de macroartrópodes edáficos, para garantir um equilíbrio nos sistemas produtivos.

Em estudo realizado por Melo et al. (2019a), quando avaliados os índices de riqueza, diversidade de Shannon e dominância de Simpson em manejo com adubação verde, os resultados demonstraram uma relação positiva entre a deposição de biomassa vegetal das espécies de plantas testadas, e a composição da comunidade de macroartrópodes. De acordo com Souza et al. (2016) e Li et al. (2018) os sistemas de fertilização com insumos orgânicos a longo prazo, principalmente aqueles que proveem de entradas contínuas de matéria orgânica, geram condições propícias para as comunidades de macroartrópodes do solo.

1.5 Fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) em resposta a práticas de adubação verde

O papel dos microrganismos edáficos na produtividade dos sistemas agrícolas ao redor do mundo tem sido fortemente estudado nos últimos anos, pois é sabido que eles têm a capacidade de influenciar diversos processos do desenvolvimento das plantas e consequente produção relacionada com elas (REDECKER et al., 2013; GUTJAHR e PARNISKE 2013). Exemplo desses organismos são os fungos micorrízicos arbusculares (FMA).

Os FMAs formam associações simbióticas, mutualistas e funcionais de grande importância no sistema radicular da maioria das famílias de plantas, as quais têm a capacidade de influir na presença deles (SILVA et al., 2014; LUCENA et al., 2018). A interação da planta com o fungo do solo é possível graças à presença endógena de arbúsculos nas células do córtex radicular da planta tornando possível o acréscimo na área de abrangência do sistema radicular, aumentando com isso a área de absorção de água e nutrientes pela planta (principalmente fósforo e nitrogênio), o qual é uma grande vantagem nos cenários das regiões áridas e

semiáridas (BAUM et al., 2015), resultando em cultivos mais resistentes a ataques de patógenos (OLAWUYI et al., 2014).

Esses organismos possuem relação direta com as propriedades químicas e biológicas do solo. Em estudo de Fernandes et al. (2016) a ocorrência e a riqueza das comunidades de FMAs sob diferentes manejos do solo foram fortemente influenciadas por práticas de manejo intensivas, incluindo a utilização de fertilizantes sintéticos, pesticidas e o monocultivo na área de produção. De acordo com Dieng et al. (2017) para melhorar a abundância e a diversidade de FMAs, o cultivo a longo prazo de espécies de plantas com potencial micotrófico, como são as plantas para adubação verde, representa uma estratégia nas práticas agrícolas.

1.6 Índices de qualidade

A utilização dos atributos físicos, químicos e/ou biológicos de um sistema natural ou produtivo, como elementos com elevado potencial de resposta às mudanças dentro desse sistema têm sido amplamente considerados para determinar, prever e avaliar a sustentabilidade produtiva. Para estimar a qualidade do solo, têm sido propostos diversos índices gerados a partir das interações das comunidades de microartrópodes, por exemplo, o índice A/C, baseado exclusivamente nas densidades das comunidades Acari e Collembola, e o índice QBS-ar, o qual considera a qualidade do solo em função da adaptabilidade dos organismos de microartrópodes no habitat estudado (TABAGLIO et al., 2009; MENTA et al., 2011).

Porém, não se tem registro de índices considerando a presença de macroartrópodes do solo e/ou fungos micorrízicos arbusculares, quando correlacionados com o ambiente onde ocorrem. O desenvolvimento desses índices se faz necessário para estabelecer critérios de idoneidade ambiental (SÁNCHEZ-MORENO et al., 2013; SOCARRÁS 2013). Neste estudo foram criados e propostos dos índices pioneiros na área: o índice de qualidade biológica do solo (IQBS) e o índice de qualidade micorrízica (IQM).

O IQBS foi desenvolvido com o intuito de determinar a capacidade do solo em sustentar a produção vegetal na área estudada. Para Karlen et al. (1997) a qualidade do solo é definida como “a capacidade do tipo específico de solo de funcionar, dentro dos limites naturais ou gerenciados do ecossistema, para sustentar a produtividade de plantas e animais, manter ou melhorar a qualidade da água e do ar e apoiar a saúde e a habitação humana”. Para a determinação do IQBS foram estabelecidos valores que podem variar de $+\infty$ e $-\infty$. Os valores

considerados dentro da faixa adequada de qualidade biológica do solo para este estudo foram diferentes para a época chuvosa (≥ 6), assim como para a época seca (≥ 15).

Já para a determinação da influência da diversidade micorrízica no desenvolvimento e produção vegetal na área foi criado o IQM, com valores considerados dentro da faixa adequada aqueles ≥ 4.8 para época de florescimento das espécies vegetais avaliadas. A importância em conhecer a qualidade micorrízica apresentada numa espécie vegetal radica principalmente nos múltiplos benefícios gerados pela associação da planta com o fungo, melhorando o estado nutricional e consequente desenvolvimento da planta hospedeira, gerando resistência contra patógenos do sistema radicular, e às condições adversas do ambiente (i.e., seca e salinidade no solo) (SILVA et al., 2014; SOUZA et al., 2018).

2. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMBROSANO, Edmilson José *et al.* Produtividade da cana-de-açúcar após o cultivo de leguminosas. **Bragantia**, v.70, n.4, p.810-818, mai, 2011.

BAUM, C.; EL-TOHAMY, W.; GRUDA, N. Increasing the productivity and product quality of vegetable crops using arbuscular mycorrhizal fungi: A review. **Scientia Horticulturae**, v.187, p.131-141, mai, 2015.

BRANDÃO, Eliane Duarte; SILVA, Ivandro de França. Formação e estabilização de agregados pelo sistema radicular de braquiária em um Nitossolo Vermelho. **Ciência Rural**, v.42, n.7, p.1193-1199, jul, 2012.

BRUNING, Bas *et al.* Growth and nitrogen fixation of legumes at increased salinity under field conditions: implications for the use of green manures in saline environments. **AoB Plants**, v.7, mar, 2015.

DIENG, Amadou *et al.* Positive feedback with mycorrhizal fungi alleviates negative effects of intercropping the energy crop *Jatropha curcas* with *Crotalaria retusa*. **Symbiosis**, v.73, n.2, p.107-116, out, 2017.

FERNANDES, Rafaela Alves *et al.* Occurrence and species richness of mycorrhizal fungi in soil under different land use. **Canadian Journal of Soil Science**, v.96, n.3, p.271-280, jun, 2016.

FLORENTÍN, Miguel Angel *et al.* Green manure/cover crops and crop rotation in conservation agriculture on small farms. **Integrated Crop Management** v.12, 2010.

GABRIEL, Doreen *et al.* Scale matters: the impact of organic farming on biodiversity at different spatial scales. **Ecology Letters**, v.13, n.7, p.858-869, jun, 2010.

GUARESCHI, Roni Fernandes; PEREIRA, Marcos Gervasio; PERIN, Adriano. Deposição de resíduos vegetais, matéria orgânica leve, estoque de carbono e nitrogênio e fósforo remanescente sob diferentes sistemas de manejo no cerrado goiano. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.36, n.3, p.909-920, mai, 2012.

GUTJAHR, Caroline; PARNISKE, Martin. Cell and developmental biology of arbuscular mycorrhiza symbiosis. **Annual Review of Cell and Developmental Biology**, v.29, out, 2013.

KARLEN, D. L. *et al.* Soil quality: a concept, definition, and framework for evaluation. **Soil Science Society of America Journal**, v.61, n.1, p.4-10, jan, 1997.

RIVERO HERRADA, Marisol; MOZENA LEANDRO, Wilson; FERREIRA, Enderson Petrônio de Brito. Leguminosas isoladas e consorciadas com milho em diferentes sistemas de manejo do solo no feijão orgânico. **Terra Latinoamericana**, v.35, n.4, p.293-299, out, 2017.

LI, Yuanyuan *et al.* The abundance and community structure of soil arthropods in reclaimed coastal saline soil of managed poplar plantations. **Geoderma**, v.327, p.130-137, out, 2018.

LUCENA, Edjane Oliveira *et al.* Ocorrência e distribuição de *Gigaspora* under *Cryptostegia madagascariensis* Bojer Ex Decne in Brazilian tropical seasonal dry forest. **Revista Agropecuária Técnica**, v.39, n.3, p.221-227, 2018.

MASSAD, Marília D. *et al.* Desempenho de milho verde em sucessão a adubação verde com crotalária, submetido a doses crescentes de esterco bovino, na caatinga mineira. **Magistra**, v.26, n.3 p.322-332, 2017.

MEDEIROS, Salomão de Sousa *et al.* **Sinopse do Censo Demográfico para o Semiárido brasileiro**. Instituto Nacional de Semiárido (INSA), 2012.

MENTA, C. *et al.* Are grasslands important habitats for soil microarthropod conservation? **Biodiversity and Conservation**, vol.20, n.5, p.1073-1087, mai, 2011.

MELO, Luan Nunes; SOUZA, Tancredo Augusto Feitosa; SANTOS, Djail. Cover crop farming system affects macroarthropods community diversity in Regosol of Caatinga, Brazil. **Biologia**, p.1-8, mai, 2019a.

MELO, Luan Nunes; SOUZA, Tancredo Augusto Feitosa; SANTOS, Djail. Transpiratory Rate, biomass production and leaf macronutrient content of different plant species cultivated on a Regosol in the Brazilian Semiarid. **Russian Agricultural Sciences**, v.24, n.2, p.147-153, mar, 2019b.

MIKANOVÁ, Olga *et al.* Soil biological characteristics and microbial community structure in a field experiment. **Open Life Sciences**, v.10, n.1, 2015.

MORO, Marcelo Freire *et al.* A phytogeographical metaanalysis of the semiarid Caatinga domain in Brazil. **The Botanical Review**, v.82, n.2, p. 91-148, jun, 2016.

OLAWUYI, O.J. *et al.* Host–pathogen interaction of maize (*Zea mays* L.) and *Aspergillus niger* as influenced by arbuscular mycorrhizal fungi (*Glomus deserticola*). **Archives of Agronomy and Soil Science**, v.60, n.11, p.1577-1591, abr, 2014.

PADOVAN, Milton Parron *et al.* Dinâmica de acúmulo de massa e nutrientes pelo milheto para fins de adubação verde em sistemas de produção sob bases ecológicas. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v.7, n.1, p.95-103, 2012.

REDECKER, Dirk *et al.* An evidence-based consensus for the classification of arbuscular mycorrhizal fungi (Glomeromycota). **Mycorrhiza**, v 23, n.7, p.515-531, out, 2013.

ROY, Sharmila *et al.* Soil arthropods in maintaining soil health: Thrust areas for sugarcane production systems. **Sugar Tech.**, v.20, n.4, p.376-391, ago, 2018.

SACKETT, Tara E.; CLASSEN, Aimée T.; SANDERS, Nathan J. Linking soil food web structure to above and belowground ecosystem processes: a meta-analysis. **Oikos**, v.119, n.12, p.1984-1992, ago, 2010.

SAGRILO, Edvaldo Sagrilo *et al.* **Manejo agroecológico do solo: os benefícios da adubação verde**. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2009.

SÁNCHEZ-MORENO, Sara; TALAVERA, M. Los nematodos como indicadores ambientales en agroecosistemas. **Revista Ecosistemas**, v.22, n.1, p.50-55, jan, 2013.

SANGALLI, Adriana Rita *et al.* Aspectos ambientais e socioeconômicos em unidades de produção sob bases agroecológicas e convencionais no Assentamento Pedro Ramanlho, em Mato Grosso do Sul. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v.1, n.1 p.25-34, mar, 2016.

SILVA, Iolanda Ramalho *et al.* Diversity of arbuscular mycorrhizal fungi along an environmental gradient in the Brazilian semiarid. **Applied Soil Ecology**, v.84, p.166-175, dez, 2014.

SILVA, Paulo Claudeir Gomes *et al.* Fitomassa e relação C/N em consórcios de sorgo e milho com espécies de cobertura. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.44, n.11, p.1504-1512, nov, 2010.

SOCARRÁS, Ana. Mesofauna edáfica: indicador biológico de la calidad del suelo. **Pastos y Forrajes**, v.36, n.1, p.5-13, jan, 2013.

SOUZA, Tancredo Augusto Feitosa *et al.* Biological Invasion Influences the Outcome of Plant-Soil Feedback in the Invasive Plant Species from the Brazilian Semi-arid. **Microbial Ecology**, v.76, n.1, p.102-112, jul, 2018.

SOUZA, Tancredo Augusto Feitosa; RODRÍGUES, Andrea Fernandes; MARQUES, Luciano Façanha. Long-term effects of alternative and conventional fertilization on macroarthropod community composition: a field study with wheat (*Triticum aestivum* L) cultivated on a ferralsol. **Organic Agriculture**, v.6, n.4, p.323-330, dez, 2016.

TABAGLIO, Vincenzo; GAVAZZI, Carolina; MENTA, Cristina. Physico-chemical indicators and microarthropod communities as influenced by no-till, conventional tillage and nitrogen

fertilization after four years of continuous maize. **Soil and Tillage Research**, vol.105, n.1, p. 135-142, set, 2009.

TEODORO, Mauro Sergio; CASTRO, karina Neoob de Carvalho; MAGALHAES, Joao Avelar. Assessment of legumes with potential use as green manure in the coastal tablelands of Piauí State, Brazil. **Revista Caatinga**, v.31, n.3, p.584-592, jul, 2018.

TEODORO, Ricardo Borges *et al.* Aspectos agronômicos de leguminosas para adubação verde no Cerrado do Alto Vale do Jequitinhonha. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.35, n.2, p.635-643, 2011.

TEIXEIRA, Cícero Monti *et al.* Decomposição e liberação de nutrientes das palhadas de milheto e milheto + crotalária no plantio direto do feijoeiro. **Acta Scientiarum Agronomy**, v.31, n.4, p. 647-653, 2009.

VASCONCELLOS, Rafael L. F. *et al.* Soil macrofauna as an indicator of soil quality in a undisturbed riparian forest and recovering sites of different ages. **European Journal of Soil Biology**, v.8, p.105-112, set, 2013.

CAPÍTULO I. Variações sazonais na estrutura da comunidade de macroartrópodes do solo em sistemas de adubação verde no Semiárido brasileiro

Karla Selene Forstall-Sosa¹, Tancredo Augusto Feitosa de Souza^{2*}, Edjane de Oliveira Lucena², Samuel Inocêncio Alves da Silva², Jean Telvio Andrade Ferreira¹, Thamillys do Nascimento Silva¹, Djail Santos²

¹Graduate Program in Agronomy, Agrarian Sciences Centre, Federal University of Paraíba, 58397-000, Areia, Paraíba, Brazil; ²Graduate Program in Soil Science, Department of Soils and Rural Engineering, Agrarian Sciences Centre, Federal University of Paraíba. *Corresponding author: tancredo_agro@hotmail.com

Abstract

The presence of edaphic macroarthropod is considered an indicator of biological quality in the area of occurrence due to the transformation activities of organic matter and its nutrient cycling. However, several factors such as soil management, environmental conditions, as well as vegetation structure influence the composition of the macroarthropod community. In this logic, a comparison was made of the abundance, richness and diversity of macroarthropods during two seasons of the year and between systems with 5 years of yield of green manure species: *Crotalaria juncea* L., *Crotalaria spectabilis* Roth, *Crotalaria ochroleuca* G. Don, *Canavalia ensiformis* (L.) DC., *Dolichos lablab* L., *Mucuna pruriens* (L.) DC., *Stizolobium aterrimum* Piper & Tracy, *Neonotonia wightii* (Wight & Arn.) J.A. Lackey, *Pennisetum glaucum* (L.) R. Br., and a control plot (*Brachiaria decumbens* Stapf cv. Basilisk + Native weeds). Data were submitted to two-way ANOVA and compared by Bonferroni test at 5% probability. According to the results, significant differences were observed for species richness (S), Shannon's diversity index (H') and Simpson's dominance index (C) of macroarthropod communities present in the different evaluated periods, as well as in plant species for green manure. Plant species of the *Fabaceae* family showed greater positive feedback for soil macroarthropod community than species of the *Poaceae* family.

Keywords: Biological indicator. Ecological Services. Provid Traps. Caatinga

Resumo

A presença de macrofauna edáfica é considerada indicadora de qualidade biológica na área de ocorrência, devido as atividades de transformação da matéria orgânica e respectiva ciclagem de nutrientes. No entanto, diversos fatores tais como o manejo na área, as condições ambientais, assim como a estrutura da vegetação influenciam na composição da comunidade de macroartrópodes. Nesta lógica, foi realizada uma comparação de abundância, riqueza e diversidade de macroartrópodes nas épocas chuvosa e seca, e entre sistemas após 5 anos de produção de espécies de adubos verdes: *Crotalaria juncea* L., *Crotalaria spectabilis* Roth, *Crotalaria ochroleuca* G. Don, *Canavalia ensiformis* (L.) DC., *Dolichos lablab* L., *Mucuna pruriens* (L.) DC., *Stizolobium aterrimum* Piper & Tracy, *Neonotonia wightii* (Wight & Arn.) J.A. Lackey, *Pennisetum glaucum* (L.) R.Br., e uma parcela controle (*Brachiaria decumbens* Stapf cv. Basilisk + plantas espontâneas). Os dados foram submetidos a ANOVA “two-way” e comparados pelo teste de Bonferroni a 5% de probabilidade. De acordo com os resultados, foram observadas diferenças significativas para riqueza, diversidade – Shannon e dominância – Simpson de comunidades de macroartrópodes presentes em ambas épocas avaliadas, assim como nas espécies de plantas para adubação verde. As espécies de plantas da família *Fabaceae*, demonstraram serem benéficas para comunidade de macroartrópodes do solo do que espécies de plantas da família *Poaceae*.

Palavras-chave: Indicador biológico. Serviços Ecológicos. Armadilhas Provid. Caatinga

Introdução

O Semiárido brasileiro ocupa uma área de 1 128 697 km², distribuída entre os estados de Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Alagoas, Bahia, Minas Gerais e Sergipe (INSA, 2017; SUDENE, 2017). É caracterizado pela sua distribuição pluviométrica irregular, valores hídricos totais baixos, assim como altos níveis de radiação solar, solos jovens, pouco intemperizados, com baixa capacidade de retenção de água e elevados índices de evaporação (Menezes et al., 2008; Alves et al., 2009; Medeiros et al., 2012). Essas características ambientais possuem relação direta com o estabelecimento e desenvolvimento de diversas espécies vegetais, assim como na disponibilidade de matéria orgânica para a manutenção das comunidades de organismos (i.e., macroartrópodes do solo) que coexistem e geram benefícios na área (Lavelle et al., 2006; Menezes et al., 2009; Nunes et al., 2019).

Os organismos denominados macroartrópodes representam o grupo funcional ecossistêmico mais abundante nos solos, desempenhando diversos serviços ecossistêmicos nas áreas de ocorrência (i.e., transformação da matéria orgânica, estruturação dos agregados do solo e controle biológico) (Sackett et al., 2010; Menta et al., 2011; Mikanová et al., 2015; Vasconcellos et al., 2013). A presença de macroartrópodes nos diferentes ambientes é condicionada pela manutenção de características adequadas para o bom funcionamento das comunidades (i.e., disponibilidade de alimento, temperatura e umidade adequada, tipo de solo) (Costa et al., 2009; Gabriel et al., 2010; Melo et al., 2019a), pelo qual podem ser considerados como indicadores da qualidade do solo (Lavelle et al., 2016; Roy et al., 2018).

Porém, existem fatores que influenciam a riqueza e composição das comunidades de macroartrópodes, como as características edáficas (i.e., pH e carbono orgânico total), o manejo (i.e., histórico de cultivos implantados, atividades culturais), assim como a estrutura da vegetação (i.e., características botânicas) (Machado et al., 2015; Amazonas et al., 2018). Diversos estudos têm testado a influência das características botânicas de espécies leguminosas e não leguminosas como plantas de cobertura sobre as comunidades de macroartrópodes do solo (Melo et al., 2019a; Nunes et al., 2019). Por outro lado, são poucos os estudos que têm avaliado a influência da sazonalidade com a ocorrência de macroartrópodes edáficos no Semiárido brasileiro.

Seguindo essa lógica, objetivou-se responder às seguintes questões: i) A sazonalidade em um agroecossistema com cultivo consecutivo de espécies de adubos verdes influi na ocorrência da comunidade de macroartrópodes edáficos? Baseados em diversos estudos em regiões com estações sazonais bem marcadas, espera-se observar variação na abundância e diversidade de espécies de macroartrópodes nas condições do Semiárido brasileiro (Vasconcellos et al., 2010; Shakir e Ahmed, 2015; Bento et al., 2016) ii) Plantas da Família *Fabaceae* promovem a ocorrência de comunidades de macroartrópodes do solo em maior grau do que plantas da família *Poaceae*? Essa hipótese está baseada em trabalhos sobre a influência de diferentes ambientes sobre a disponibilidade de recursos (i.e., fornecimento de biomassa vegetal tanto para alimentação quanto para formação de habitats) sobre a comunidade de macroartrópodes do solo (Silva et al., 2013; Souza et al., 2016; Melo et al., 2019a). Para isso, foi realizado um estudo em condições de campo em que foi considerada a sazonalidade na ocorrência da comunidade de macroartrópodes do solo, em áreas de produção de espécies leguminosas e não leguminosas para adubação verde na região do Semiárido brasileiro.

Material e Métodos

Experimento de campo

Foi realizado um experimento em condições de campo, implantado em 2014, com espécies de plantas para uso como adubação verde. A área de estudo está localizada na Estação Experimental “Chã de Jardim” pertencente ao Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Paraíba (06° 57'30" S, 35° 45'33,8" W, altitude 560 m), em Areia-PB, Nordeste do Brasil. O clima da região, segundo a classificação de Köppen-Geiger, é do tipo As' (tropical semiúmido, com verão seco), com precipitação anual e temperaturas médias de 1500 mm e 23 °C, respectivamente (Alvares et al., 2013). Os dados referentes às condições climáticas no período de estudo (junho de 2018 a dezembro de 2018) foram obtidos no site do Instituto Nacional de Meteorologia (<http://www.inmet.gov.br>) (Figura 1). O solo da área experimental foi classificado como Regossolo, com textura franco arenosa e relevo suave ondulado (WRB, 2006).

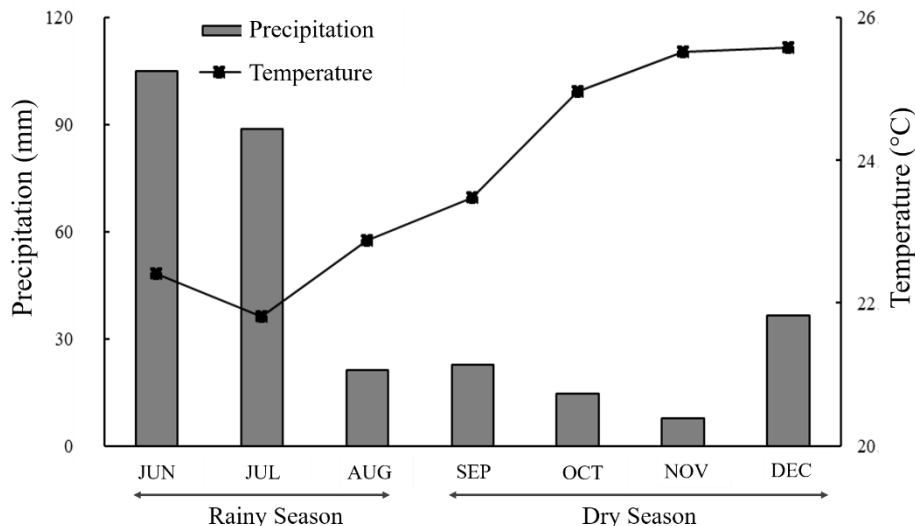


Figura 1. Precipitação (mm), temperatura média (°C) para a área experimental em Areia, Paraíba, Brasil (junho a dezembro de 2018); os dados foram obtidos no site <http://www.inmet.gov.br>.

Foi utilizado um delineamento em blocos casualizados com 10 tratamentos, referentes a distintas espécies de adubos verdes (Tabela 1) em 3 blocos. No total, foi utilizada uma área de 720 m² para a realização do experimento. Durante o florescimento foram coletadas 20 plantas

de cada espécie por parcela para caracterização do ambiente de acordo com a produtividade de biomassa seca vegetal dos tratamentos (Fig. 2).

Tabela 1. Espécies de plantas utilizadas como adubos verdes

Espécies de plantas estudadas	Família	Características principais	Días até floração ¹
<i>Canavalia ensiformis</i> (L.) DC.	Fabaceae	Planta anual	60
<i>Crotalaria juncea</i> L.	Fabaceae	Planta anual	45
<i>Crotalaria ochroleuca</i> G. Don	Fabaceae	Planta anual	50
<i>Crotalaria spectabilis</i> Roth	Fabaceae	Planta anual	65
<i>Dolichos lablab</i> L.	Fabaceae	Planta perene	84
<i>Mucuna pruriens</i> (L.) DC.	Fabaceae	Planta anual	56
<i>Neonotonia wightii</i> (Wight & Arn.) J.A. Lackey	Fabaceae	Planta perene	94
<i>Stizolobium aterrimum</i> Piper & Tracy	Fabaceae	Planta anual	59
<i>Pennisetum glaucum</i> (L.) R. Br.	Poaceae	Planta anual	60
<i>Brachiaria decumbens</i> Stapf cv. Basilisk + plantas espontâneas	Poaceae	Planta perene	-

¹Durante o período estudado

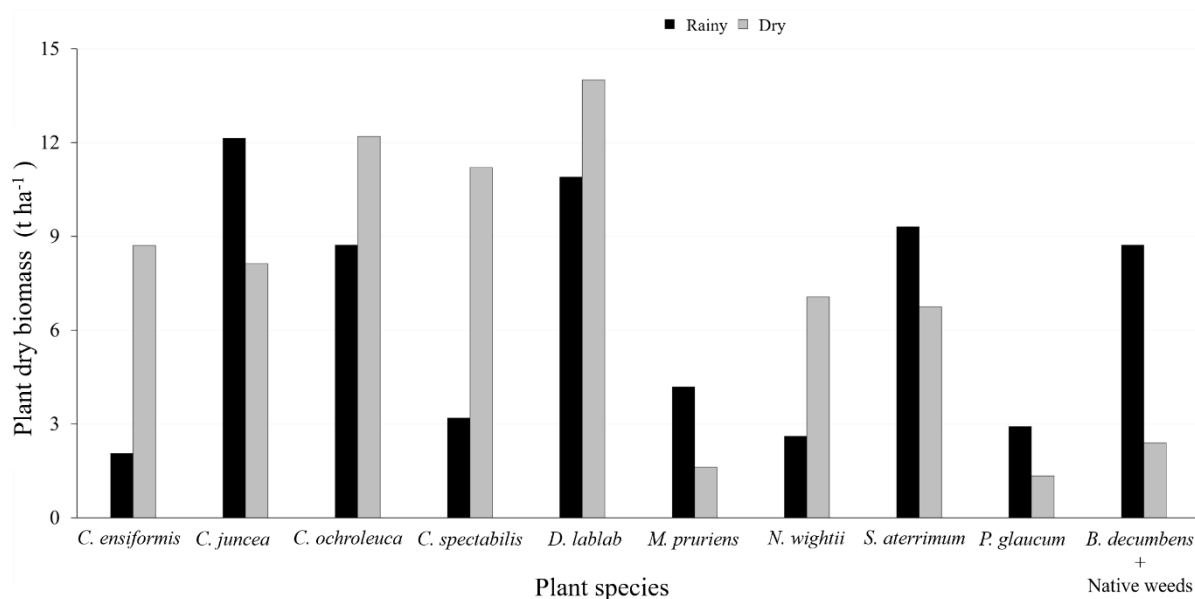


Figura 2. Biomassa seca de cada espécie de planta estudada nas duas estações do ano (N = 1200)

Análises químicas do Solo

Foram coletadas 30 amostras de solo na camada de 0-20 cm, secas e passadas em malha de 2 mm de abertura. Posteriormente, as amostras foram levadas para o Laboratório de Matéria Orgânica do Solo da Universidade Federal da Paraíba para demais determinações. O pH do solo foi determinado em suspensão de solo em água destilada, de acordo com a metodologia de Black (1965). Para a determinação do carbono orgânico total foi utilizada a oxidação rápida com dicromato de potássio descrita por Okalebo et al. (1993) (Tabela 2).

Tabela 2. Propriedades químicas do solo (0-20 cm) da área avaliada antes da implantação do experimento

Espécies de plantas estudadas	Carbono orgânico	pH H ₂ O do solo (1:2,5, v:v)
	total (g kg ⁻¹)	
<i>Canavalia ensiformis</i> (L.) DC.	8,46	5,02
<i>Crotalaria juncea</i> L.	7,56	4,91
<i>Crotalaria ochroleuca</i> G. Don	7,98	4,89
<i>Crotalaria spectabilis</i> Roth	7,14	5,07
<i>Dolichos lablab</i> L.	7,56	5,12
<i>Mucuna pruriens</i> (L.) DC.	7,86	5,27
<i>Neonotonia wightii</i> (Wight & Arn.) J.A. Lackey	8,38	4,98
<i>Stizolobium aterrimum</i> Piper & Tracy	9,16	5,31
<i>Pennisetum glaucum</i> (L.) R.Br.	7,86	5,8
<i>Brachiaria decumbens</i> Stapf cv. Basilisk + plantas espontâneas	8,82	4,88

Coletas de macroartrópodes

Para realizar a coleta de macroartrópodes, foi colocada 1 armadilha do tipo Provid em cada parcela. As coletas foram realizadas em duas épocas: chuvosa e seca. Cada armadilha continha uma mistura de 200 ml de detergente neutro a 10%, assim como 10 ml de álcool a 70%. Uma vez instaladas no campo, as armadilhas permaneceram por 48 horas; após esse tempo foram levadas para contagem e identificação até o táxon Família dos organismos. A comunidade de macroartrópodes foi caracterizada de acordo com os índices ecológicos de

riqueza (S) de grupos por área, índice de diversidade de Shannon (H') ($H' = \sum p_i \cdot \log p_i$, onde $p_i = n_i/N$, n_i = densidade de cada grupo e $N = \sum$ da densidade de todos os grupos) com resultados de zero a cinco, cujos maiores valores sugerem maior diversidade da comunidade (Shannon e Weaver 1949); e índice de dominância de Simpson (C) ($C = \sum p_i^2$, onde p_i = proporção de indivíduos na i-ésima espécie em relação às abundâncias totais da comunidade) cujos maiores valores sugerem menor diversidade na comunidade (Simpson 1949).

Análises estatísticas

Os dados foram submetidos ao teste de Shapiro-Wilk para determinar a normalidade na distribuição dos dados. Para obter as significâncias dos índices ecológicos foi utilizada a análise de variância do tipo “two-way” e para a comparação de médias foi aplicado o teste de Bonferroni a 5%. Foi elaborada uma análise de componentes principais (PCA) para esquematizar a relação entre a comunidade de macroartrópodes edáficos e as propriedades químicas do solo. Todas as análises estatísticas foram executadas usando o programa R (R Core Team, 2018).

Índice de Qualidade Biológica do Solo (IQBS)

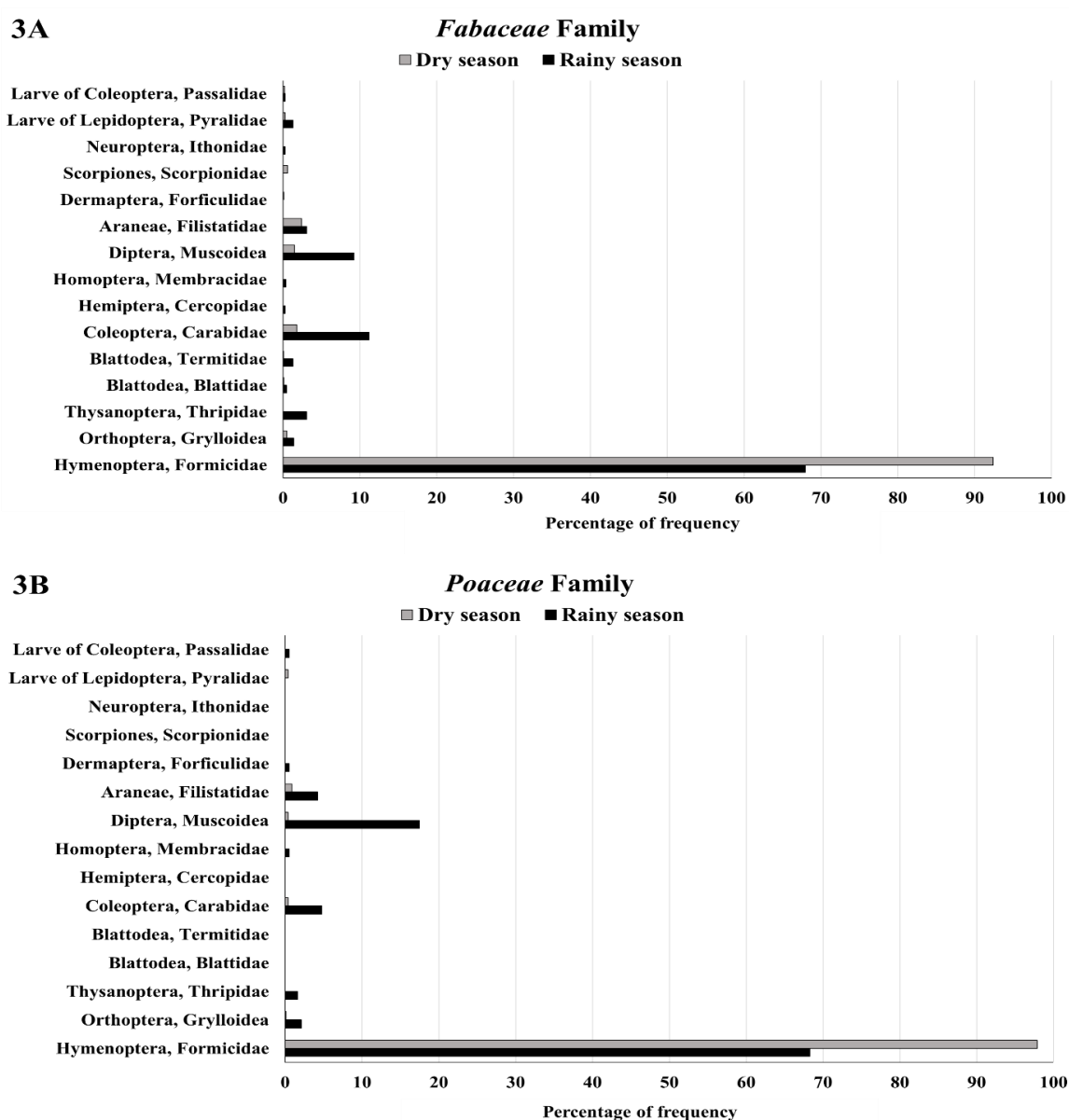
Para determinação da Qualidade Biológica do Solo, foi utilizada a abordagem PCA-LSF-SQIw, descrita por Mishra et al. (2017), que considera a aplicação de um algoritmo na matriz de dados para a seleção de um sub-banco de dados mínimo representativo. O sub-banco para este estudo foi gerado considerando variáveis de diferente natureza: uma variável química do solo (pH), uma variável produtiva (Biomassa seca vegetal), e variáveis biológicas (ocorrência de quatro ordens de macroartrópodes do solo) para a criação do IQBS.

Resultados

Ocorrência da comunidade de macroartrópodes

Foram coletados um total de 3393 artrópodes distribuídos em 15 ordens, das quais as maiores porcentagens de ocorrência nas épocas chuvosa e seca para as espécies de plantas da família *Fabaceae* foram observadas nas ordens Hymenoptera (67,9% e 92,4% respectivamente) e Coleoptera (11,2% na época chuvosa) (Figura 3A). Já para as plantas da Família *Poaceae* na

época chuvosa as ordens Hymenoptera (68,3%) e Diptera (17,5%) foram os grupos mais observados, enquanto que na época seca foi a ordem Hymenoptera (97,9%) (Figura 3B). Com relação à classificação dos organismos, de acordo com a sua contribuição no ecossistema, foram integrados em quatro grupos: (i) detritívoros; (ii) engenheiros de ecossistemas; (iii) predadores; e (iv) herbívoros. O grupo taxonômico mais abundante nas diferentes estações para as espécies de adubos verdes estudadas foi Hymenoptera (Família Formicidae). As ordens Thysanoptera, Hemiptera, Homoptera e Neuroptera foram encontradas exclusivamente na época chuvosa (Anexo A).



Figuras 3A - 3B. Percentagem de frequência de macroartrópodes nos dois períodos de amostragem para as famílias *Fabaceae* (3A) e *Poaceae* (3B).

Índices Ecológicos

Os valores obtidos através da ANOVA “two-way” mostraram diferenças significativas nos diferentes índices ecológicos quando considerada a interação das espécies de adubos verdes com as épocas de coleta: índice de diversidade de Shannon $F_{9,40} = 108,028$, $P < 0,001$, riqueza $F_{9,40} = 10,707$, $P < 0,01$ e índice de dominância de Simpson $F_{9,40} = 61,163$, $P < 0,001$. As espécies de adubos verdes que apresentaram os maiores valores de riqueza, diversidade de Shannon e dominância de Simpson para macroartrópodes na estação chuvosa foram *C. spectabilis* ($6,66 \pm 0,15$; $1,40 \pm 0,01$; e $0,67 \pm 0,00$), *N. wightii* ($5,66 \pm 0,25$; $0,99 \pm 0,03$; e $0,47 \pm 0,01$) e *D. lablab* ($6,00 \pm 0,20$; $1,07 \pm 0,01$; e $0,50 \pm 0,00$), enquanto os menores valores foram encontrados em *P. glaucum* ($4,33 \pm 0,11$; $0,07 \pm 0,03$; e $0,36 \pm 0,01$), *C. ensiformis* ($4,33 \pm 0,15$; $0,80 \pm 0,02$; e $0,41 \pm 0,01$) e *C. juncea* ($4,33 \pm 0,15$; $0,80 \pm 0,00$; e $0,42 \pm 0,00$). Para a estação seca os valores mais elevados de riqueza, diversidade de Shannon e dominância de Simpson foram obtidos nas parcelas cultivadas com *P. glaucum* ($4,66 \pm 0,20$; $0,44 \pm 0,02$; e $0,18 \pm 0,01$), *C. ochroleuca* ($5,33 \pm 0,20$; $0,48 \pm 0,00$; e $0,21 \pm 0,00$) e *D. lablab* ($4,33 \pm 0,05$; $0,38 \pm 0,02$; e $0,16 \pm 0,01$), e os menores valores nas parcelas e *C. spectabilis* ($2,33 \pm 0,02$; $0,22 \pm 0,03$; e $0,43 \pm 0,05$) e controle ($2,66 \pm 0,11$; $0,89 \pm 0,00$; e $0,03 \pm 0,00$), respectivamente.

Índice de Qualidade Biológica do Solo (IQBS)

Com base nos dados obtidos foi possível desenvolver uma equação que permitiu estimar a Qualidade Biológica do Solo ($F_{10,8} = P < 0,01$; $R^2 = 0,99$) da área de estudo. Cada variável possui uma percentagem de representatividade dentro da equação, desde 4% (Coleoptera) até 30% (Hymenoptera). O IQBS está fundamentado na seguinte lógica: quanto maior o valor do índice, maior a capacidade desse ambiente de sustentar a produtividade vegetal. Os valores gerados a partir do IQBS podem variar de $+\infty$ e $-\infty$ e são apresentados na tabela 3.

$$\text{IQBS} = 0,3^{**}\text{Hym} + 0,22^{**}\text{L. col} + 0,15^{**}\text{BSV} + 0,12^{**}\text{Term} + 0,05^{**}\text{Col} + 0,04^{**}\text{pH} + 0,12^{***}$$

onde:

Hym = Hymenoptera (ind m⁻²)

L. col = Larva de coleoptera (ind m⁻²)

BSV = Biomassa seca vegetal (t ha⁻¹)

Term = Termitidae (ind m⁻²)

Col = Coleoptera (ind m⁻²)

pH = pH em água

**Significativo a 0,01% de probabilidade

Os melhores valores obtidos foram observados na maioria das espécies de plantas para adubação verde, com exceção da espécie *S. aterrimum* (5±1) na época chuvosa, e das espécies *C. spectabilis* (10±1) e *N. wightii* (14±1) na época seca. A parcela com *B. decumbens* + plantas espontâneas apresentou valores superiores na época seca (79±6) em função da época chuvosa (6±1), o que resultou em uma variação do 1296%.

Tabela 3. Índice de qualidade biológica do solo proposto para as características do experimento de campo, Areia, Paraíba, Brasil, 2018

Espécies de Plantas	Época chuvosa	Época seca	Variação (%)
IQBS			
<i>C. ensiformis</i>	11±1	20±0	80
<i>C. juncea</i>	9±1	21±0	142
<i>C. ochroleuca</i>	8±1	25±1	228
<i>C. spectabilis</i>	9±1	10±1	14
<i>D. lablab</i>	7±1	27±1	268
<i>M. pruriens</i>	14±0	49±2	254
<i>N. wightii</i>	12±0	14±1	24
<i>S. aterrimum</i>	5±1	17±1	264
<i>P. glaucum</i>	11±0	26±1	142
<i>B. decumbens</i> + plantas espontâneas	6±1	79±6	1296
Valor médio			
<i>Poaceae</i> + plantas espontâneas	8±1	53±4	719
<i>Fabaceae</i>	9±1	23±1	159

Análise Multivariada

Os primeiros componentes da análise de componentes principais (PCA) explicaram o 80,55% da variância total ($P < 0,05$) para as variáveis biomassa seca, carbono orgânico total, pH, larva de Coleoptera, Coleoptera, Hemiptera e Araneae. Os dados sugerem i) correlações positivas entre a biomassa seca, larva de Coleoptera e Araneae; ii) correlação positiva entre pH, e a ordem Hymenoptera; iii) correlação positiva entre o carbono orgânico total e a ordem Hemiptera; iv) forte correlação positiva entre as ordens Homoptera, Blattodea (Família Termitidae) e Coleoptera; v) forte correlação negativa entre o pH do solo e a ordem Hemiptera (Fig. 4).

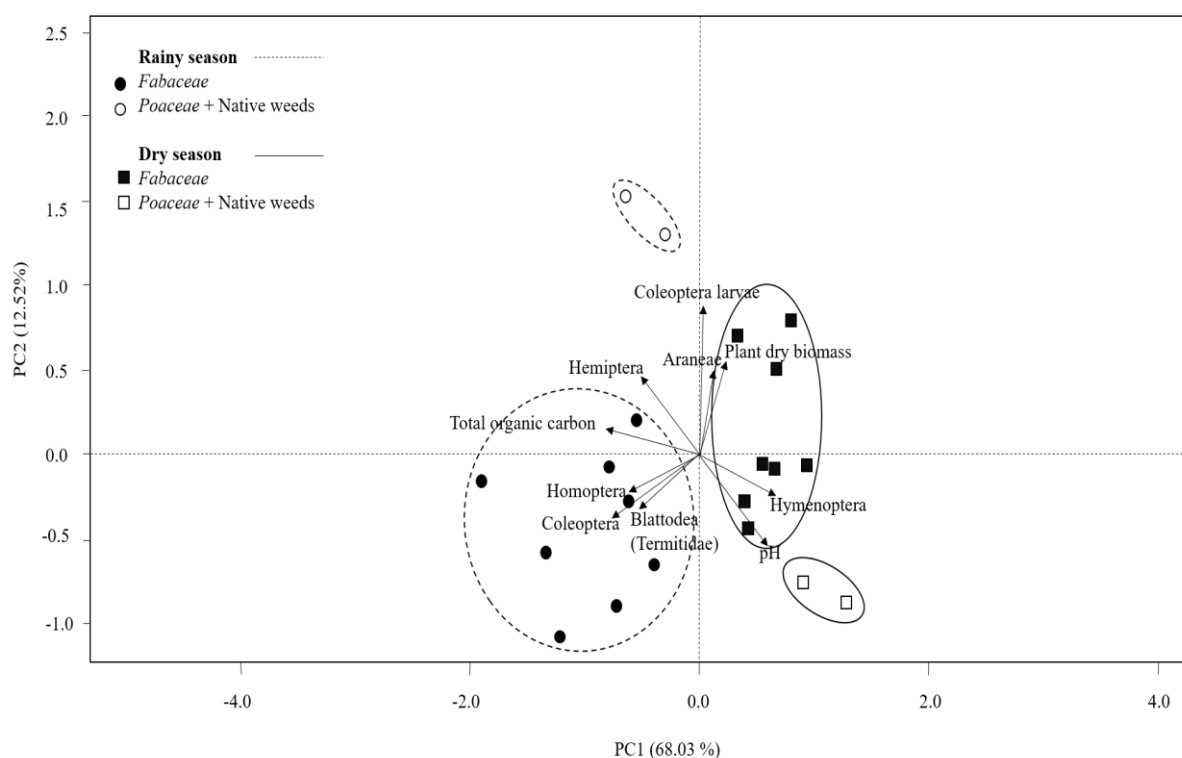


Figura 4. PCA dos atributos do solo, sazonalidade, produção de biomassa e comunidade de macroartrópodes do solo nas dez espécies de plantas usadas como adubos verdes.

Discussão

Os resultados obtidos neste estudo destacam a forte relação entre as espécies de plantas com a abundância e a diversidade da comunidade de macroartrópodes do solo nas condições de solo arenoso no Semiárido brasileiro. Quando comparadas as famílias *Fabaceae* e *Poaceae* de

espécies de plantas para uso como adubação verde, os maiores valores para os índices ecológicos foram obtidos nas espécies de plantas da família *Fabaceae*, indicando diferenças entre as espécies estudadas. Esses resultados podem ser atribuídos à estrutura vegetal própria da espécie (alta taxa de crescimento que se traduz em alta produção de biomassa), o que corresponde com os dados obtidos da produção de biomassa seca vegetal realizada, os quais, corroboraram maiores valores no gênero *Crotalaria* e na espécie *D. lablab*, em relação a *P. glaucum* e a parcela de *B. decumbens* + plantas espontâneas.

Em estudos desenvolvidos por Melo et al. (2019a, b), quando avaliados os indivíduos edáficos em plantios de leguminosas e não leguminosas, também encontraram valores significativos com os melhores resultados verificados para a família *Fabaceae* (*C. spectabilis*, *C. ochroleuca* e *D. lablab*), os quais podem estar relacionados com os altos teores de macronutrientes foliares registrados nas espécies vegetais avaliadas, e consequente disponibilidade de matéria orgânica para os organismos edáficos.

Em relação à ocorrência dos grupos funcionais em função da época, o grupo funcional denominado de detritívoro (i.e., larva de Coleoptera) apresentou a menor abundância; atribui-se a sua pouca ou quase nula incidência à incorporação da biomassa vegetal ter sido realizada na época de seca. A sobrevivência desse grupo é favorecida em condições de umidade e de material disponível na superfície do solo pela função como alimento e/ou refúgio contra predadores (Costa et al., 2009).

No entanto, a presença desta ordem foi observada em ambos períodos de coleta, apresentando ocorrência exclusiva na época seca para o gênero *Crotalaria*. A acumulação de biomassa e matéria orgânica de qualidade, decorrente de espécies de plantas com elevados teores de nutrientes foliares, contribui na presença de organismos dependentes desse recurso (Silva et al. 2013; Souza et al., 2016; Melo et al., 2019a).

Foi possível observar ausência das ordens Thysanoptera, Hemiptera, Homoptera e Neuroptera na época seca, o que pode estar relacionado à presença de macroartrópodes do grupo denominado predadores (i.e., Araneae, Dermaptera e Scorpiones). Esses resultados corroboram o que foi proposto neste trabalho, ou seja, plantas da Família *Fabaceae* promovem a ocorrência das comunidades de macroartrópodes do solo melhor do que plantas da família *Poaceae*.

Já o grupo taxonômico Hymenoptera (Família Formicidae) (denominados engenheiros do ecossistema), foi o mais abundante nas duas avaliações. Observaram-se os maiores valores de incidência na época seca apresentados nas plantas da família *Poaceae* e *Fabaceae* (97,9% e 92,4%, respectivamente). Esses valores de ocorrência podem estar relacionados com a incorporação da biomassa vegetal, que foi realizada na época seca, proporcionando as condições adequadas para a diversidade de formigas devido à disponibilidade de matéria orgânica (Luz et al., 2013).

Além de desempenhar funções de fragmentação dos resíduos agrícolas, a família Formicidae contribui na mudança da estrutura do solo, realizando de maneira natural estruturas biogênicas (i.e., ninhos, galerias, câmaras), o que resulta na formação de microporos com decorrente aumento na capacidade de armazenamento de água no solo, bem como a disponibilidade de recursos orgânicos para benefício de outros grupos (Lima et al., 2011; Marques et al., 2014; Brito et al., 2016). O aumento na comunidade de formigas pode ser considerado um indicador da qualidade do solo, sendo que, solos mais jovens e férteis registram populações elevadas desses organismos (Lavelle et al., 2016).

Por outro lado, os grupos denominados como detritívoros (i.e., Larva de coleoptera, Blattodea), predadores (i.e., Araneae, Scorpiones) e herbívoros (i.e., Hemiptera, Orthoptera) representaram os valores de 3% e 14% do total dos macroartrópodes verificados nas amostragens, nas épocas de seca e de chuva, respectivamente. Embora esses valores possam indicar maior abundância populacional de organismos na época de chuva, os resultados indicaram variação de 280% da época seca em relação a época chuvosa. Esses resultados diferem dos observados em diversos estudos quando considerada a influência da sazonalidade na estrutura da comunidade de macroartrópodes, onde relatam que a presença é beneficiada principalmente pela época de chuva (Lima et al., 2011; Machado et al., 2015).

Quando avaliados os índices ecológicos (riqueza – S, diversidade – Shannon e dominância – Simpson) nas diferentes épocas de amostragem, os valores mais altos foram encontrados nas espécies de plantas para adubação verde *C. spectabilis*, *N. wightii* e *D. lablab* na época chuvosa, e na época seca nas espécies *P. glaucum*, *C. ochroleuca* e *D. lablab*, respectivamente. Porém foi a espécie *C. spectabilis* que apresentou os valores maiores na época chuvosa. Esses dados respaldam a hipótese referente à influência da sazonalidade em um agroecossistema com cultivo consecutivo de espécies de adubos verdes sobre a ocorrência de macroartrópodes do solo. Segundo Collison et al. (2013), a composição das comunidades de

organismos edáficos, assim como o seu papel funcional, é afetada pelas mudanças na umidade do solo.

Os primeiros componentes da análise de componentes principais (PCA) explicaram o 80.55% da variância total ($P < 0,05$) indicando influência entre a produção de biomassa seca vegetal e as ordens de macroartrópodes, assim como das propriedades químicas do solo [pH e carbono orgânico total (COT)]. Foi possível observar que algumas ordens de macroartrópodes são mais influenciadas pelas propriedades químicas do solo (pH e COT) do que outras.

A ordem Hymenoptera apresentou correlação positiva com o pH do solo, o que se traduz em tolerância às mudanças nessa variável. Em condições adversas geradas pelos insumos químicos, a comunidade Hymenoptera (família Formicidae) tem demonstrado alta tolerância as condições com acumulações de elementos poluentes derivados do uso de fertilizantes sintéticos (Jinxia et al., 2010). Também foi observada correlação positiva entre o COT e a ordem Hemiptera. Porém, nas condições apresentadas neste estudo, as relações positivas Hymenoptera - pH, assim como Hemiptera – COT, podem estar condicionadas à disponibilidade de matéria orgânica no solo (Machado et al., 2015; Amazonas et al., 2018).

Desse modo se faz evidente a influência das propriedades do solo (i.e., pH, estoque de Carbono, estrutura do solo) sobre a diversidade de espécies de macroartrópodes (Moço et al., 2010). Por outro lado, foi possível observar correlação positiva entre as ordens Homoptera, Blattodea (Família Termitidae) e Coleoptera. A ocorrência desses grupos denominados herbívoros deve-se às condições do estrato herbáceo que permitiu o deslocamento para esses grupos de macroartrópodes de hábitos caminhadores, destacando que o grupo Coleoptera pode ser considerado como detritívoro, herbívoro ou predador pela sua diversidade de espécies (Porres et al., 2014). As ordens Coleoptera, Araneae, Hemiptera e Orthoptera demonstram ser grupos de elevada tolerância às condições ambientais do Semiárido brasileiro (Almeida et al., 2015).

Para estimar a qualidade do solo, diversos autores têm trabalhado com índices gerados a partir das comunidades de microartrópodes. O índice A/C, baseado exclusivamente nas densidades das comunidades Acari e Collembola, e o índice QBS-ar, o qual considera a qualidade do solo em função da adaptabilidade dos organismos de microartrópodes no habitat estudado (Tabaglio et al., 2009; Menta et al., 2011). Porém, não se tem registro de índices

considerando a presença de macroartrópodes edáficos quando correlacionados com o ambiente onde ocorrem.

O índice de Qualidade Biológica do Solo (IQBS), que foi gerado e proposto para as condições em que foi desenvolvido este estudo, representa uma alternativa para estimar a sustentabilidade nas diversas áreas de interesse, já que, permite correlacionar variáveis de diferente natureza (i.e., físicos, químicos e biológicos). O IQBS encontra-se fundamentado na seguinte lógica: quanto maior a Qualidade Biológica do Solo, maior a ocorrência e diversidade das comunidades funcionais de macroartrópodes. Sendo assim, para nosso estudo foi gerada a equação em função de uma variável química do solo (pH), uma variável produtiva (Biomassa seca vegetal) e variáveis biológicas (ocorrência de quatro ordens de macroartrópodes do solo). Como mencionado anteriormente as variáveis pH e Biomassa seca vegetal representam grande importância para a composição das comunidades de macroartrópodes na área, e são consideradas como fatores que influem sobre a dinâmica populacional dos organismos do solo (Machado et al., 2015; Shakir et al., 2015; Amazonas et al., 2018).

O IQBS mostrou maior qualidade biológica do solo nos agroecossistemas com as espécies *M. pruriens*, *N. wightii*, *C. ensiformis* e *P. glaucum* na época chuvosa; e nas espécies *M. pruriens*, *D. lablab*, *P. glaucum*, *C. ochroleuca*, *C. juncea*, *C. ensiformis* na época seca. Porém, obtiveram-se valores superiores na parcela com *B. decumbens* + plantas espontâneas na época seca, em função da época chuvosa, com uma variação de 1296%. O qual pode ser explicado pela adaptação dessa cultura às condições da área, considerando-a como espécie nativa.

Conclusões

Com base nos resultados deste estudo, para as condições em que foi realizado, é possível concluir que i) As espécies de plantas da Família *Fabaceae* (i.e., *C. spectabilis*, *C. ochroleuca* e *D. lablab*) proporcionam ambientes positivos para as comunidades de organismos edáficos, devido à alta produtividade de biomassa vegetal, e consequente incorporação ao solo; ii) A estrutura, dinâmica e ocorrência das comunidades de macroartrópodes do solo está fortemente relacionada à variação climática, principalmente precipitação.

Agradecimentos

Os autores agradecem à Universidade Federal da Paraíba, pela disponibilidade de área, equipamentos, funcionários e instalações para a realização do estudo. Às instituições “Tecnológico Nacional de México” (TecNM) assim como ao “Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología” (CONACYT) pelo patrocínio e financiamento da bolsa de pós-graduação à primeira autora.

Referências

- ALMEIDA, M.A.X., SOUTO, J.S., and ANDRADE, A.P., 2015. Sazonalidade da macrofauna edáfica do Curimataú da Paraíba Brasil Seasonality of Edaphic macrofauna in Paraíba Curimataú, Brazil. *Ambiência*, vol. 11, no. 2, pp. 393-407.
- ALVARES, C.A., STAPE, J.L., SENTELHAS, P.C., MORAES, G., LEONARDO, J., and SPAROVEK, G., 2013. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, vol. 22, no. 6, pp. 711-728. <https://doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>
- ALVES, J.J.A., ARAÚJO, M., and NASCIMENTO, S.S., 2009. Degradação da Caatinga: uma investigação ecogeográfica. *Revista Caatinga*, vol. 22, no. 3, pp. 126-135.
- AMAZONAS, N.T., VIANI, R.A.G., REGO, M.G.A., CAMARGO, F.F., FUJIHARA, R.T. and VALSECHI, O.A., 2018. Soil macrofauna density and diversity across a chronosequence of tropical forest restoration in southeastern Brazil. *Brazilian Journal of Biology*, vol. 78, no. 3, pp. 449-456. <https://doi.org/10.1590/15196984.169014>
- BENTO, D.D.M., FERREIRA, R.L., PROUS, X., SOUZA-SILVA, M., BELLINI, B.C. and VASCONCELLOS, A., 2016. Seasonal variations in cave invertebrate communities in the semiarid Caatinga, Brazil. *Journal of Cave and Karst Studies*, vol. 78, no. 2, pp. 61-71. <https://doi.org/0.4311/2015LSC0111>
- BLACK, C.A., 1965. *Methods of soil analysis*, Part 2, in Agronomy Monograph No. 9, Black, C.A., Ed., Madison, WI: American Society of Agronomy, pp. 771-1572.
- BRITO, M.F., TSUJIGUSHI, B.P., OTSUBO, A.A., SILVA, R.F. and MERCANTE, F.M., 2016. Diversidade da fauna edáfica e epigeica de invertebrados em consórcio de mandioca com adubos verdes. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, vol. 51, no. 3, pp. 253-260. <https://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2016000300007>
- COLLISON, E.J., RIUTTA, T. and SLADE, E.M., 2013. Macrofauna assemblage composition and soil moisture interact to affect soil ecosystem functions. *Acta Oecologica*, vol. 43, pp. 30-36. <https://doi.org/10.1016/j.actao.2012.12.002>
- COSTA, C.M.Q., SILVA, F.A.B., FARIAS, A.I. and MOURA, R.C., 2009. Diversidade de scarabaeidae (coleóptera, scarabaeidae) coletados com armadilha de intercepção de vôo no

refúgio ecológico Charles Darwin, Igarassu-PE-Brasil. *Revista Brasileira de Entomologia*, vol. 53, no. 1, pp. 88-94. <http://dx.doi.org/10.1590/S0085-56262009000100021>

GABRIEL, D., SAIT, S.M., HODGSON, J.A., SCHMUTZ, U., KUNIN, W.E., and BENTON, T.G., 2010. Scale matters: the impact of organic farming on biodiversity at different spatial scales. *Ecology letters*, vol. 13, no. 7, pp. 858-869. <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2010.01481.x>

INSTITUTO NACIONAL DO SEMIÁRIDO – INSA, 2017 [viewed 25 May 2019]. *População Estimada do Semiárido Brasileiro (2017)* [online]. Available from: <https://portal.insa.gov.br>

JINXIA, L., MEI, H., XIUQIN, Y.I.N., and JILIANG, L.I.U., 2010. Effects of the accumulation of the rare earth elements on soil macrofauna community. *Journal of Rare Earths*, vol. 28, no. 6, pp. 957-964. [https://doi.org/10.1016/S1002-0721\(09\)60233-7](https://doi.org/10.1016/S1002-0721(09)60233-7)

LAVELLE, P., DECAËNS, T., AUBERT, T., BAROT, S., BLOUIN, M., BUREAU, F., MARGERIE, P., MORA, P. and ROSSI, J.P., 2006. Soil invertebrates and ecosystem services. *European Journal of Soil Biology*, vol. 42, pp. S3-S15. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ejsobi.2006.10.002>

LAVELLE, P., SPAIN, A., BLOUIN, M., BROWN, G., DECAËNS, T., GRIMALDI, M., JIMÉNEZ, J.J., MCKEY, D., MATHIEU, J., VELASQUEZ, E. and ZANGERLÉ, A., 2016. Ecosystem engineers in a self-organized soil: A Review of concepts and future research Questions. *Soil Science*, vol. 181, no. 3, pp. 91-109. <http://dx.doi.org/10.1097/SS.0000000000000155>

LIMA, S.S., AQUINO, A.M., LEITE, L.F.C., VELÁSQUEZ, E., and LAVELLE, P., 2011. Relação entre macrofauna edáfica e atributos químicos do solo em diferentes agroecossistemas. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, vol. 45, no. 3, pp. 322-331.

LUZ, R.A., FONTES, L.S., CARDOSO, S.R.S., and LIMA, É.F.B., 2013. Diversity of the Arthropod edaphic fauna in preserved and managed with pasture areas in Teresina-Piauí-Brazil. *Brazilian Journal of Biology*, vol. 73, no. 3, pp. 483-489. <http://dx.doi.org/10.1590/S1519-69842013000300004>

- MACHADO, D.L., PEREIRA, M.G., CORREIA, M.E.F., DINIZ, A.R. and MENEZES, C.E.B., 2015. Fauna edáfica na dinâmica sucessional da mata atlântica em floresta estacional semidecidual na bacia do rio Paraíba do Sul – RJ. *Ciência Florestal*, vol. 25, no. 1, pp. 91-106. <http://dx.doi.org/10.5902/1980509817466>
- MARQUES, D.M., SILVA, A.B., DA SILVA, L.M., MOREIRA, E.A., and PINTO, G.S., 2014. Macrofauna edáfica em diferentes coberturas vegetais. *Bioscience Journal*, vol. 30, no. 5, pp. 1588-1597.
- MEDEIROS, S.D.S., PINTO, T.F., SALCEDO, I.H., CAVALCANTE, A.D.M.B., PEREZ MARIN, A.M., and TINÔCO, L.B.D.M., 2012. *Sinopse do censo demográfico para o semiárido brasileiro*. Instituto Nacional de Seminário (INSA).
- MENTA, C., LEONI, A., GARDI, C., and CONTI, F.D., 2011. Are grasslands important habitats for soil microarthropod conservation? *Biodiversity and Conservation*, vol. 20, no. 5, pp. 1073-1087. <https://doi.org/10.1007/s10531-011-0017-0>
- MELO, L.N., SOUZA, T.A.F. and SANTOS, D., 2019a. Cover crop farming system affect macroarthropods community diversity of Caatinga, Brazil. *Biologia*, pp. 1-8. <https://doi.org/10.2478/s11756-019-00272-5>
- MELO, L.N., SOUZA, T.A.F. and SANTOS, D. 2019b Transpiratory Rate, biomass production and leaf macronutrient content of different plant species cultivated on a Regosol in the Brazilian semiarid. *Russian Agricultural Sciences*, vol. 45, no. 2, pp. 147-153. <https://doi.org/10.3103/S1068367419020150>
- MENEZES, C.E.G., CORREIA, M.E.F., PEREIRA, M.G., BATISTA, I., RODRIGUES, K.M., COUTO, W.H., ANJOS, L.H.C. and OLIVEIRA, I.P., 2009. Macrofauna edáfica em estádios sucessionais de Floresta estacional semidecidual e pastagem Mista em Pinheiral (RJ). *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, vol. 33, no. 6, pp. 1647. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832009000600013>
- MENEZES, H.E.A., BRITO, J.I.B., SANTOS, C.A.C. and SILVA, L.L., 2008. A relação entre a temperatura da superfície dos oceanos tropicais e a duração dos veranicos no Estado da Paraíba. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v. 23, n. 2, pp. 152-161. <https://dx.doi.org/10.1590/S0102-77862008000200004>

MENTA, C., LEONI, A., GARDI, C., and CONTI, F.D., 2011. Are grasslands important habitats for soil microarthropod conservation? *Biodiversity and Conservation*, vol. 20, no. 5, pp. 1073-1087. <https://doi.org/10.1007/s10531-011-0017-0>

MISHRA, G., MARZAIOLI, R., GIRI, K., BORAH, R., DUTTA, A. and JAYARAJ, R.S.C., 2017. Soil quality assessment under shifting cultivation and forest in Northeastern Himalaya of India. *Archives of Agronomy and Soil Science*, vol. 63, no. 10, pp. 1355-1368. <https://doi.org/10.1080/03650340.2017.1281390>

MIKANOVÁ, O., ŠIMON, T., KOPECKÝ, J., and SÁGOVÁ-MAREČKOVÁ, M., 2015. Soil biological characteristics and microbial community structure in a field experiment. *Open Life Sciences*, vol. 10, no. 1. <https://doi.org/10.1515/biol-2015-0026>

MOÇO, M.K.S., GAMA-RODRIGUES, E.F., GAMA-RODRIGUES, A.C., MACHADO, R.C. and BALIGAR, V.C., 2010. Relationships between invertebrate communities, litter quality and soil attributes under different cacao agroforestry systems in the south of Bahia, Brazil. *Applied Soil Ecology*, vol. 46, no. 3, pp. 347-354. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2010.10.006>

NUNES, L.A.P.L., ARAÚJO, A.S.F., PESSOA, M.M.C., SOUSA, R.S., SILVA, J.D.C. and MATOS-FILHO, C.H.A., 2019. Edaphic fauna in a vegetation gradient in the Sete Cidades National Park. *Brazilian Journal of Biology*, vol. 79, no. 1, pp. 45-51. <http://dx.doi.org/10.1590/1519-6984.174135>

OKALEBO, J.R., GATHIA, K.W. and AND WOOMER, P.L., 1993. "Laboratory Methods of Plant and Soil Analysis: A Working Manual". Technical Bulletin No. 1, *Soil Science Society East AFRICA*.

PORRES, M.D., RIONDA, M.H., DUHOUR, A.E. and MOMO, F.R., 2014. Artrópodos del suelo: Relaciones entre la composición faunística y la intensificación agropecuaria. *Ecología Austral*, vol. 24, no. 3, pp. 327-334.

R CORE TEAM, 2018. *R: A Language and Environment for Statistical Computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>

ROY, S., ROY, M.M., JAISWAL, A.K. and BAITHA, A., 2018. Soil arthropods in maintaining soil health: thrust areas for sugarcane production systems. *Sugar Tech*, vol. 20, no. 4, pp. 376-391. <https://doi.org/10.1007/s12355-018-0591-5>

SACKETT, T.E., CLASSEN, A.T. and SANDERS, N.J., 2010. Linking soil food web structure to above-and belowground ecosystem processes: a meta-analysis. *Oikos*, vol. 119, no. 12, pp. 1984-1992. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0706.2010.18728.x>

SHANNON, C.E. and WEAVER, W., 1949. *The mathematical theory of communication*. University of Illinois Press, Urbana.

SHAKIR, M.M. and AHMED, S., 2015. Seasonal abundance of soil arthropods in relation to meteorological and edaphic factors in the agroecosystems of Faisalabad, Punjab, Pakistan. *International Journal of Biometeorology*, vol. 59, n.5, pp. 605-616. <https://doi.org/10.1007/s00484-014-0874-9>

SILVA, C.F., PEREIRA, G.H.A., PEREIRA, M.G., and SILVA, A.N., 2013. Soil fauna in a periodically flooded restinga salt marsh area in Marambaia, RJ. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, vol. 37, no. 3, pp. 587-595. <http://doi.org/10.1590/S0100-06832013000300004>

SIMPSON, E.H., 1949. Measurement of diversity. *Nature* 163:688.

SOUZA, T.A.F., RODRÍGUES, A.F., and MARQUES, L.F., 2016. Long-term effects of alternative and conventional fertilization on macroarthropod community composition: a field study with wheat (*Triticum aestivum* L) cultivated on a ferralsol. *Organic Agriculture*, vol. 6, no. 4, pp. 323-330. <http://doi.org/10.1007/s13165-015-0138-y>

SUPERINTENDÊNCIA DO DESENVOLVIMENTO DO NORDESTE – SUDENE, 2017 [viewed 25 May 2019]. *Nova delimitação do Semiárido* [online]. Available from: <http://www.sudene.gov.br>

TABAGLIO, V., GAVAZZI, C. and MENTA, C., 2009. Physico-chemical indicators and microarthropod communities as influenced by no-till, conventional tillage and nitrogen fertilization after four years of continuous maize. *Soil and Tillage Research*, vol. 105, no. 1, pp. 135-142. <https://doi.org/10.1016/j.still.2009.06.006>

VASCONCELLOS, A., ANDREAZZE, R., ALMEIDA, A.M., ARAUJO, H.F., OLIVEIRA, E.S. and OLIVEIRA, U., 2010. Seasonality of insects in the semi-arid Caatinga of Northeastern Brazil. *Revista Brasileira de Entomologia*, vol. 54, no. 3, pp. 471-476. <http://dx.doi.org/10.1590/S0085-56262010000300019>

VASCONCELLOS, R.L., SEGAT, J.C., BONFIM, J. A., BARETTA, D., and CARDOSO, E.J., 2013. Soil macrofauna as an indicator of soil quality in an undisturbed riparian forest and recovering sites of different ages. *European Journal of Soil Biology*, vol. 58, pp. 105-112. <https://doi.org/10.1016/j.ejsobi.2013.07.001>

WRB (IUSS Working Group), 2006. *World Reference Base for Soil*. World Soil Resources Reports. Rome: FAO, 2006, no. 103.

CAPÍTULO II. Composição da comunidade de fungos micorrízicos arbusculares em sistemas de adubação verde do Semiárido brasileiro

Karla Selene Forstall-Sosa¹, Tancredo Augusto Feitosa de Souza^{2*}, Edjane de Oliveira Lucena², Samuel Inocêncio Alves da Silva², Jean Telvio Andrade Ferreira¹, Guilherme Silva de Podestá³, Djail Santos²

¹Graduate Program in Agronomy, Agrarian Sciences Centre, Federal University of Paraíba, 58397-000, Areia, Paraíba, Brazil; ²Graduate Program in Soil Science, Department of Soils and Rural Engineering, Agrarian Sciences Centre, Federal University of Paraíba;

³Department of Agronomy, Agrarian Sciences Centre, Federal University of Paraíba.

*Corresponding author: tancredo_agro@hotmail.com

Abstract

The study of the presence and diversity of mutualistic symbiotic organisms in environmentally unfavorable scenarios is of great importance when it is desired to improve the agricultural production systems of a region (i.e., Brazilian semiarid). Among them, Arbuscular Mycorrhizal Fungi (AMF) stand out for their capacity to develop in plant roots, as well as their abundance in most plant species. Based on this, to determine the mycorrhizal quality of plant species, a comparison of AMF abundance, richness and diversity among 12 systems with at least 5 years of production of green manure species was performed (*Crotalaria juncea* L., *Crotalaria spectabilis* Roth, *Crotalaria ochroleuca* G. Don, *Canavalia ensiformis* (L.) DC., *Dolichos lablab* L., *Mucuna pruriens* (L.) DC., *Stizolobium aterrimum* Piper & Tracy, *Neonotonia wightii* (Wight & Arn.) J.A. Lackey, *Pennisetum glaucum* (L.) R. Br., spontaneous vegetation characterized by *Brachiaria decumbens* Stapf cv. Basilisk + Native weeds); a *Eucalyptus globulus* Labill plantation and a tropical moist forest and. Data were submitted to two-way ANOVA and compared by Bonferroni test at 5% probability. Based on the obtained data and equation was generated to estimate the Mycorrhizal Quality (IQM) of the evaluated systems. According to the results, significant differences were observed for species richness (S), Shannon's diversity index (H') and Simpson's dominance index (C) of AMF communities present at different sampling times in

Fabaceae and *Poaceae* plant species. Plant species for use as green manure showed greater mycorrhizal potential than *Eucalyptus globulus* Labill and the Tropical moist forest.

Keywords: Glomeromycota, Caatinga ecoregion, Tropical moist forest, Sustainable agriculture

Resumo

O estudo da presença e diversidade de organismos simbioses mutualistas existentes nos cenários ambientalmente desfavoráveis é de grande importância quando se deseja melhorar os sistemas de produção agrícolas de uma região (i.e., Semiárido brasileiro). Dentre eles, destacam-se os Fungos Micorrízicos Arbusculares (FMA) pela sua capacidade de desenvolvimento nas raízes das plantas, assim como sua abundância na maioria das espécies vegetais. Nesta lógica, para determinar a qualidade micorrízica de diversas espécies vegetais, foi realizada uma comparação da abundância, riqueza e diversidade de FMA entre 12 sistemas com no mínimo 5 anos de produção de espécies de adubos verdes (*Crotalaria juncea* L., *Crotalaria spectabilis* Roth, *Crotalaria ochroleuca* G. Don, *Canavalia ensiformis* (L.) DC., *Dolichos lablab* L., *Mucuna pruriens* (L.) DC., *Stizolobium aterrimum* Piper & Tracy, *Neonotonia wightii* (Wight & Arn.) J.A. Lackey, *Pennisetum glaucum* (L.) R. Br., vegetação espontânea caracterizada por *Brachiaria decumbens* Stapf. cv. Basilisk + plantas espontâneas), uma plantação de *Eucalyptus globulus* Labill e uma Floresta tropical úmida. Os dados foram submetidos a ANOVA “two-way” e comparados pelo teste de Bonferroni a 5% de probabilidade. Com base nos dados obtidos foi gerada uma equação para estimar a Qualidade Micorrízica (IQM) dos sistemas avaliados. Foram observadas diferenças significativas para riqueza, diversidade – Shannon e dominância – Simpson de comunidades de FMAs presentes nas diferentes épocas de amostragem nas espécies de plantas da família *Fabaceae* e *Poaceae*. As espécies de plantas para uso como adubo verde, demonstraram maior potencial micorrízico do que *Eucalyptus globulus* Labill e a Floresta tropical úmida.

Palavras-chave: Glomeromycota, Ecorregião da Caatinga, Floresta tropical úmida, Agricultura sustentável.

Introdução

A utilização tradicional de fertilizantes sintéticos na agricultura atual, tem acarretado desequilíbrios ecológicos que resultam na perda da capacidade produtiva do solo, afetando também as comunidades de macro e microrganismos edáficos que contribuem nos processos de ciclagem de nutrientes e manutenção do ecossistema (Chieza et al. 2017). As práticas de conservação de solo que incluem o uso de espécies de plantas como adubos verdes para melhoria das diversas propriedades biológicas têm demonstrado serem alternativas viáveis para manter a qualidade edáfica diante do manejo conservacionista das áreas agrícolas (Souza et al. 2018). No entanto, nem toda espécie vegetal tem a capacidade de promover benefícios ao ambiente edáfico (Souza e Santos 2018; Benkhroua et al. 2017). De acordo com Souza e Freitas (2017) para serem consideradas promotoras da qualidade do solo as espécies vegetais devem apresentar alta produção de biomassa, elevada eficiência no uso da água e ciclo de retroalimentação positivo no ambiente edáfico, promovendo a manutenção da biodiversidade da fauna do solo.

Dessa forma, o estudo abordou as seguintes hipóteses (1) espécies de plantas da família *Fabaceae* são mais recomendadas como promotoras da qualidade micorrízica do que espécies de plantas da família *Poaceae*, devido à alta produtividade de biomassa vegetal e consequente incorporação ao solo, assim como pelas propriedades particulares de associação com espécies de FMAs. Baseados nos estudos desenvolvidos por Souza et al. (2018a) e Melo (2019a), espera-se que as espécies da família *Fabaceae* apresentem maiores produções de biomassa do que as espécies *Poaceae*. De acordo com Souza e Freitas (2017) e Barel et al. (2018), plantas anuais da família *Fabaceae* aumentam os estoques de carbono e nitrogênio no solo (pela capacidade de associação com bactérias do gênero *Rhizobium*), contribuindo positivamente com comunidades de organismos edáficos que são C e N dependentes; (2) Espécies de plantas para adubação verde, nas condições do Semiárido brasileiro, apresentam melhores valores nos índices ecológicos (riqueza – S, diversidade – Shannon, dominância – Simpson) do que a Floresta tropical úmida e *E. globulus*. Essa hipótese é baseada em trabalhos sobre a influência do uso de solo e de espécies florestais nas propriedades biológicas edáficas (Stürmer e Siqueira 2011; Soumare et al. 2015; Yang et al. 2017; Badalamenti et al. 2018; Qin e Yu 2019). Para tanto, foi estabelecido um experimento para

avaliar a qualidade micorrízica entre as espécies de plantas para uso como adubo verde, a Floresta tropical úmida e a plantação de *E. globulus* no Semiárido brasileiro.

Material e Métodos

Experimento de campo

O estudo foi realizado na Estação Experimental “Chã de Jardim”, do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Paraíba (06° 57'30” S, 35° 45'33,8” W, altitude 560 m), em Areia-PB, em um experimento implantado em 2014. O clima da região, segundo a classificação de Köppen-Geiger, é do tipo As' (tropical semiúmido, com verão seco), com precipitação anual e temperaturas médias de 1500 mm e 23 °C, respectivamente (Alvares et al., 2013). Os dados climáticos e de precipitação foram obtidas junto ao Instituto Nacional de Meteorologia (<http://www.inmet.gov.br>) (Figura 1). O solo foi classificado como Regossolo, com textura franco arenosa e relevo suave ondulado (WRB, 2006).

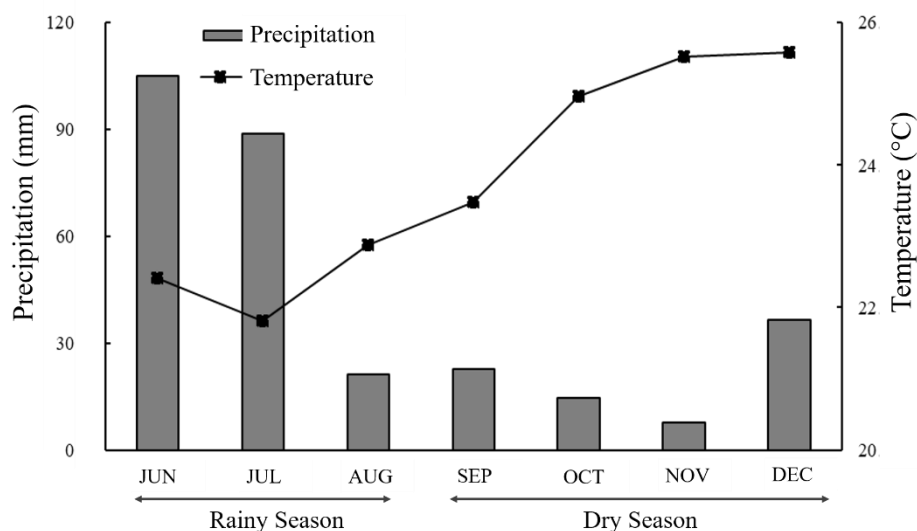


Figura 1. Precipitação (mm), temperatura média (°C) para a área experimental em Areia, Paraíba, Brasil (junho a dezembro de 2018); os dados foram obtidos no site <http://www.inmet.gov.br>.

O experimento foi instalado em um delineamento em blocos inteiramente casualizados com 3 blocos e 10 tratamentos referentes a distintas espécies de adubos verdes (Tabela 1). Adicionalmente foram avaliadas outras 2 áreas contíguas (300 m²) correspondentes a Floresta tropical úmida e a plantação de *E. globulus*. Em cada parcela experimental (24 m²) foram coletadas 10 amostras de solo contendo fragmentos de solo e raiz. Obtiveram-se no total 1200 amostras simples. Durante o florescimento foram coletadas 20 plantas de cada espécie por parcela para caracterização do ambiente de acordo com a produtividade de biomassa seca vegetal dos tratamentos, do mesmo modo foram coletadas amostras de serapilheira das áreas da Floresta tropical úmida e da plantação de *E. globulus* (Figura 2).

Tabela 1. Espécies de plantas utilizadas como adubos verdes

Espécies de plantas estudadas	Família	Características principais	Días até floração ¹
<i>Canavalia ensiformis</i> (L.) DC.	Fabaceae	Planta anual	60
<i>Crotalaria juncea</i> L.	Fabaceae	Planta anual	45
<i>Crotalaria ochroleuca</i> G. Don	Fabaceae	Planta anual	50
<i>Crotalaria spectabilis</i> Roth	Fabaceae	Planta anual	65
<i>Dolichos lablab</i> L.	Fabaceae	Planta perene	84
<i>Mucuna pruriens</i> (L.) DC.	Fabaceae	Planta anual	56
<i>Neonotonia wightii</i> (Wight & Arn.) J.A. Lackey	Fabaceae	Planta perene	94
<i>Stizolobium aterrimum</i> Piper & Tracy	Fabaceae	Planta anual	59
<i>Pennisetum glaucum</i> (L.) R. Br.	Poaceae	Planta anual	60
<i>Brachiaria decumbens</i> Stapf cv. Basilisk + plantas espontâneas	Poaceae	Planta perene	-

¹ Durante o período estudado

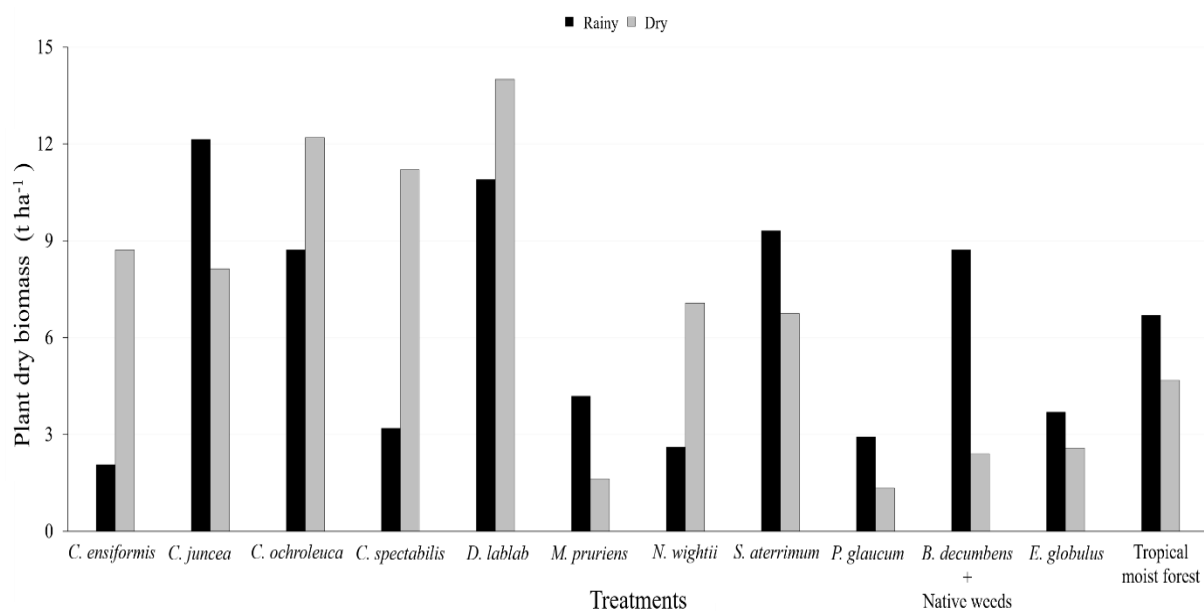


Figura 2. Biomassa seca de cada tratamento estudado ($N = 1220$). A produção da floresta úmida tropical e plantio de *E. globulus* foi caracterizada pela deposição de serapilheira.

Análises químicas do Solo

Foram coletadas 30 amostras de solo na camada de 0-20 cm, secas e passadas em peneira de 2 mm de abertura. Posteriormente, as amostras foram levadas para o Laboratório de Matéria Orgânica do Solo da Universidade Federal da Paraíba para demais determinações. O pH do solo foi determinado em suspensão de solo em água destilada, de acordo com a metodologia de Black (1965). Para a determinação do carbono orgânico total foi utilizada a metodologia de oxidação rápida com dicromato de potássio descrita por Okalebo et al. (1993) (Tabela 2).

Tabela 2. Propriedades químicas do solo (0-20 cm) da área avaliada antes da implantação do experimento

Espécies de plantas estudadas	Carbono orgânico total (g kg ⁻¹)	pH H ₂ O do solo (1:2,5, v:v)
<i>Canavalia ensiformis</i> (L.) DC.	8,46	5,02
<i>Crotalaria juncea</i> L.	7,56	4,91
<i>Crotalaria ochroleuca</i> G. Don	7,98	4,89
<i>Crotalaria spectabilis</i> Roth	7,14	5,07
<i>Dolichos lablab</i> L.	7,56	5,12
<i>Mucuna pruriens</i> (L.) DC.	7,86	5,27
<i>Neonotonia wightii</i> (Wight & Arn.) J.A. Lackey	8,38	4,98
<i>Stizolobium aterrimum</i> Piper & Tracy	9,16	5,31
<i>Pennisetum glaucum</i> (L.) R.Br.	7,86	5,8
<i>Brachiaria decumbens</i> Stapf cv. Basilisk + plantas espontâneas	8,82	4,88

Caracterização da comunidade de FMA e determinação dos índices ecológicos

Foi utilizado o método de peneiramento úmido (Gerdemann e Nicolson 1963) em centrifugação com gradiente de sacarose (Jenkins 1964). Foram utilizados 100 g de solo passados em três peneiras sobrepostas (malhas de 75 mm, 38 mm e 500 mesh). O material retido em cada peneira foi colocado em tubos contendo água e novamente centrifugados por 3 min. a 2.000 rpm. O material precipitado pela centrifugação foi ressuspensão em solução de sacarose a 40% e novamente centrifugado por 1 min. a 1.000 rpm. O sobrenadante foi passado por peneira de 500 mesh para remoção da sacarose, seguido da identificação e contagem em microscópio de disseção. Para a identificação das espécies de *Gigaspora* foram empregadas as chaves de identificação do site do LBM (<http://glomeromycota.wixsite.com/lbmicorrizas/chaves-de-identificacao>). Foi utilizada a classificação proposta por Oehl et al. (2011). Após a contagem e identificação das morfoespécies foram determinados os índices ecológicos de riqueza (S), diversidade de Shannon (H') ($H' = \sum p_i \cdot \log p_i$, onde $p_i = n_i/N$, n_i = densidade de cada grupo e $N = \sum$ da

densidade de todos os grupos) com resultados de zero a cinco, cujos maiores valores sugerem maior diversidade da comunidade e dominância de Simpson (C) ($C = \sum p_i^2$, onde p_i = proporção de indivíduos na i-ésima espécie em relação às abundâncias totais da comunidade) cujos maiores valores sugerem menor diversidade na comunidade da comunidade total de FMA edáficos.

Análises estatísticas

Foi empregado o teste de Shapiro-Wilk para testar a distribuição normal dos dados. Para avaliar o efeito das diferentes espécies de plantas sobre a composição da comunidade de FMA foi empregada análise de variância tipo “two-way” e as médias comparadas entre si pelo teste de Bonferroni a 5% de probabilidade. Foi realizada uma análise de componentes principais (PCA) para estabelecer a relação entre a comunidade micorrízica e os atributos químicos do solo. Todas as análises estatísticas foram executadas usando o programa R (R Core Team 2018).

Índice de Qualidade Micorrízica (IQM)

Para determinação da Qualidade Micorrízica, foi utilizada a abordagem PCA-LSF-SQIw, descrita por Mishra et al. (2017), que considera a aplicação de um algoritmo na matriz de dados para a seleção de um sub-banco de dados mínimo representativo. O sub-banco para este estudo foi gerado considerando indicadores de diferente natureza: um indicador biológico (Número de esporos de micorrizas por 100 g de solo), a ocorrência de duas espécies de FMAs, dois índices ecológicos (índice de diversidade – Shannon e índice de dominância – Simpson) e um índice de produtividade (Biomassa seca vegetal $t\ ha^{-1}$) para a criação do IQM.

Resultados

Caracterização da comunidade de FMA e determinação dos índices ecológicos

Foram identificados um total de 16 morfoespécies de FMA: *Acaulospora tuberculata* Janos & Trappe; *Claroideoglomus claroideum* (N.C. Schenck & G.S. Sm.) C. Walker & Schüßler; *Claroideoglomus etunicatum* (W.C. Becker & Gerd.) C. Walker & Schüßler; *Entrophospora infrequens* (I.R. Hall) R.N. Ames & R.W. Schneider; *Funneliformis geosporum* (T.H. Nicolson & Gerd.) C. Walker & Schüßler; *Funneliformis mosseae* (T.H. Nicolson & Gerd.) C. Walker & A. Schüßler; *Gigaspora albida* N.C. Schenck & G.S. Sm; *Gigaspora decipiens* I.R. Hall & L.K. Abbott; *Gigaspora gigantea* (T.H. Nicolson & Gerd.) Gerd. & Trappe; *Gigaspora margarita* Becker & Hall; *Glomus multicaule* Gerdemann & B.K. Bakshi; *Quatunica erythropus* (Koske & C. Walker) F.A. Souza, Sieverd. & Oehl; *Racocetra coralloidea* (Trappe, Gerd. & I. Ho) Oehl, F.A. Souza & Sieverd; *Rhizoglomus intraradices* (N.C. Schenck & G.S. Sm.) Sieverd. G.A. Silva & Oehl; *Scutellospora calospora* (T.H. Nicolson & Gerd.) C. Walker & F.E. Sanders; *Sclerocystis coremioides* Berkeley & Broome (Anexo III).

Foram observados valores significativos para os índices de Riqueza (S) ($F_{11,72} = 3,98$, $P < 0,001$), e Diversidade de Shannon (H') ($F_{11,72} = 3,58$, $P < 0,001$) de espécies de FMA quando comparados os tratamentos com a época de coleta. Para o índice de Dominância de Simpson (C) os valores significativos foram encontrados na época de coleta ($F_{11,72} = 10,67$, $P < 0,001$). Os maiores valores de FMA nas áreas com espécies de plantas de adubos verdes para Riqueza, Diversidade de Shannon e Dominância de Simpson foram: *P. glaucum* ($7,55 \pm 1,01$; $1,54 \pm 0,12$; e $0,69 \pm 0,02$) e *S. aterrimum* ($8,33 \pm 1,93$; $1,58 \pm 0,10$; e $0,70 \pm 0,00$), enquanto que para a Floresta tropical úmida os valores foram $6,44 \pm 2,06$, $1,42 \pm 0,19$; e $0,67 \pm 0,02$, já para *E. globulus* os valores foram $6,33 \pm 1,32$; $1,40 \pm 0,11$; e $0,67 \pm 0,01$. Em contrapartida, os valores mais baixos de FMA encontrados na parcela correspondente a *decumbens* + Native weeds ($6,55 \pm 1,94$; $1,39 \pm 0,18$; e $0,67 \pm 0,03$) e *C. ochroleuca* ($6,55 \pm 1,87$; $1,41 \pm 0,14$; e $0,67 \pm 0,01$), os quais embora sendo baixos, se comparados com as outras espécies de adubos verdes, resultam ser maiores que os valores verificados em na Floresta tropical úmida e em *E. globulus*.

Quando se considera a época de coleta, os maiores valores na floração ($P<0,05$) foram verificados nas espécies *C. ensiformis* ($9,00\pm0,00$; $1,64\pm0,07$; e $0,70\pm0,01$), e *P. glaucum* ($8,33\pm0,57$; $1,64\pm0,03$; e $0,71\pm0,00$), enquanto que na época de formação de vagens os maiores valores obtidos foram em *S. aterrimum* ($10,66\pm0,57$; $1,71\pm0,04$; e $0,71\pm0,00$), e *N. wightii* ($9,00\pm2,00$; $1,56\pm0,10$; e $0,69\pm0,01$). Na tabela 3 pode-se verificar os valores dos índices ecológicos de riqueza, diversidade de Shannon e dominância de Simpson da Floresta tropical úmida e *E. globulus* quando comparados com os valores observados nas áreas com espécies de adubos verdes.

Tabela 3. Maiores valores dos índices de riqueza (S), diversidade de Shannon (H'), dominância de Simpson (C) e número de esporos (NS) nas espécies de plantas usadas como adubos verdes, floresta tropical úmida e platô de *E. globulus* ($P<0,05$)

Tratamento	Estágio de crescimento	S	H'	C	NS (100 g de solo)
Espécies de plantas de adubos verdes					
<i>P. glaucum</i>	Floração	$8,33\pm0,57$	$1,64\pm0,03$	$0,71\pm0,00$	$19,00\pm1,00$
<i>C. ensiformis</i>		$9,00\pm0,00$	$1,64\pm0,07$	$0,70\pm0,01$	$21,00\pm6,08$
<i>S. aterrimum</i>	Formação de vagem	$10,66\pm0,57$	$1,71\pm0,04$	$0,71\pm0,00$	$23,66\pm5,83$
<i>N. wightii</i>		$9,00\pm2,00$	$1,56\pm0,10$	$0,69\pm0,01$	$16,00\pm6,94$
Tratamento	Época de amostragem ¹	S	H'	C	NS (100 g de solo)
Floresta tropical úmida	*	$6,33\pm1,57$	$1,45\pm0,08$	$0,68\pm0,01$	$8,66\pm5,13$
<i>E. globulus</i>		$6,33\pm0,57$	$1,41\pm0,05$	$0,68\pm0,00$	$43,00\pm9,16$
Floresta tropical úmida	**	$4,66\pm1,52$	$1,24\pm0,20$	$0,65\pm0,03$	$5,00\pm0,00$
<i>E. globulus</i>		$5,00\pm0,00$	$1,28\pm0,04$	$0,66\pm0,01$	$7,33\pm4,72$

¹Época de amostragem de acordo com o estágio de crescimento das espécies de adubos verdes.

*Durante o florescimento das espécies de adubos verdes. **Durante a formação de vagem das espécies de adubos verdes.

Frequência de ocorrência de FMAs nas áreas de estudo

Na época prévia à semeadura das espécies para uso como adubos verdes, os maiores valores de abundância de comunidade de FMA foram observados nas áreas das espécies leguminosas *C. spectabilis* (55%), *C. juncea* (53%) e *C. ochroleuca* (51%), enquanto para as espécies de planta da família *Poaceae* a área com *B. decumbens* + Native weeds atingiu valor similar (48%) (Figura 3). Os valores para Floresta tropical úmida foi 40%, e para o plantio de *E. globulus* 35%. Já para a época de florescimento das espécies para uso como adubos verdes, o maior valor foi expressado pela espécie leguminosa *C. ensiformis* (47%), superando os valores das espécies poáceas *B. decumbens* + plantas espontâneas (30%) e *P. glaucum* (38%). Na época de formação de vagens das espécies para uso como adubos verdes os valores maiores encontraram-se nas espécies leguminosas *M. pruriens* (34%), *S. aterrimum* (33%), *N. wightii* (33%) e *D. lablab* (33%), enquanto que para as poáceas o *P. glaucum* (30%). Nesta época a amostragem foi realizada também para Floresta tropical úmida e plantio de *E. globulus* (porém, não significa que essas áreas estivessem em formação de vagens), os quais mostraram os menores valores para essa coleta (20% e 9%, respectivamente) (Dados não mostrados).

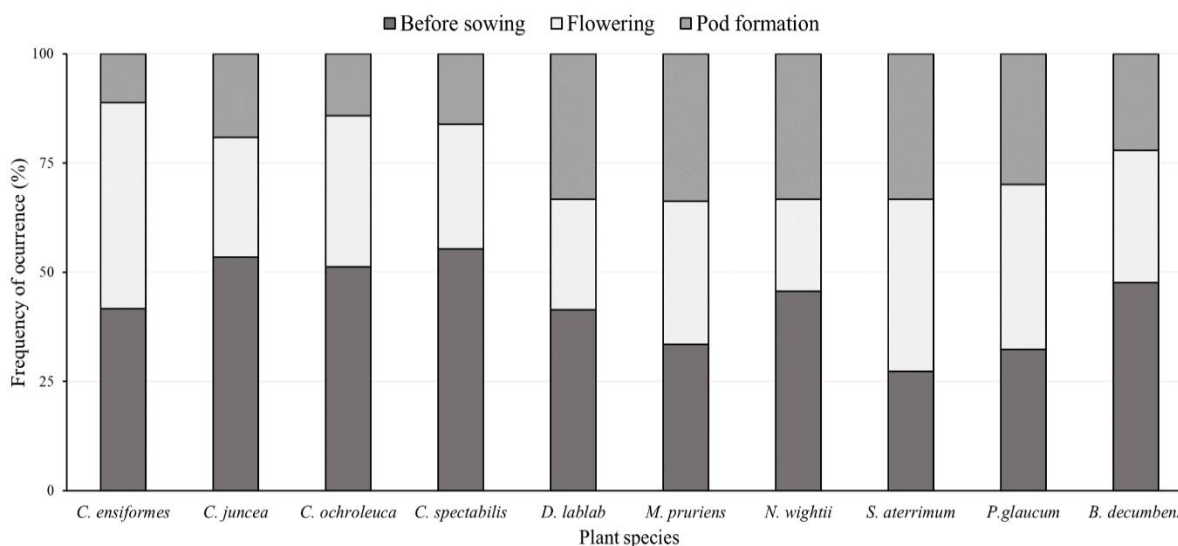


Figura 3. Frequência de ocorrência (FOi) de FMA nas espécies de plantas para adubo verde na área estudada. FOi = n_i/N , onde n_i é o número de vezes que uma espécie de FMA foi observado, e N é o total de esporos de FMA observados em cada tratamento.

Análise Multivariada

Os primeiros componentes da análise de componentes principais (PCA) explicaram o 79,15% da variância total ($P < 0,05$), destacou como fatores chave as variáveis: número de esporos, biomassa seca das plantas, índice de diversidade de Shannon, as espécies de FMAs *F. mosseae*, *S. calospora*, *G. gigantea*, *F. geosporum*, *Q. erythropus*, *S. coremioides*, e *G. albida* (Fig. 4). Os dados mostram: i) forte relação negativa entre a biomassa seca e a espécie *F. geosporum*; ii) relação positiva entre as espécies *F. mosseae*, *S. calospora* e *G. gigantea* com o número de esporos observados; iii) a forte relação entre as espécies *F. geosporum*, *G. albida*, *Q. erythropus* e *S. coremioides*; e iv) a relação positiva entre as espécies *F. geosporum*, *Q. erythropus*, *S. coremioides*, e *G. albida* com o índice de diversidade de Shannon (H').

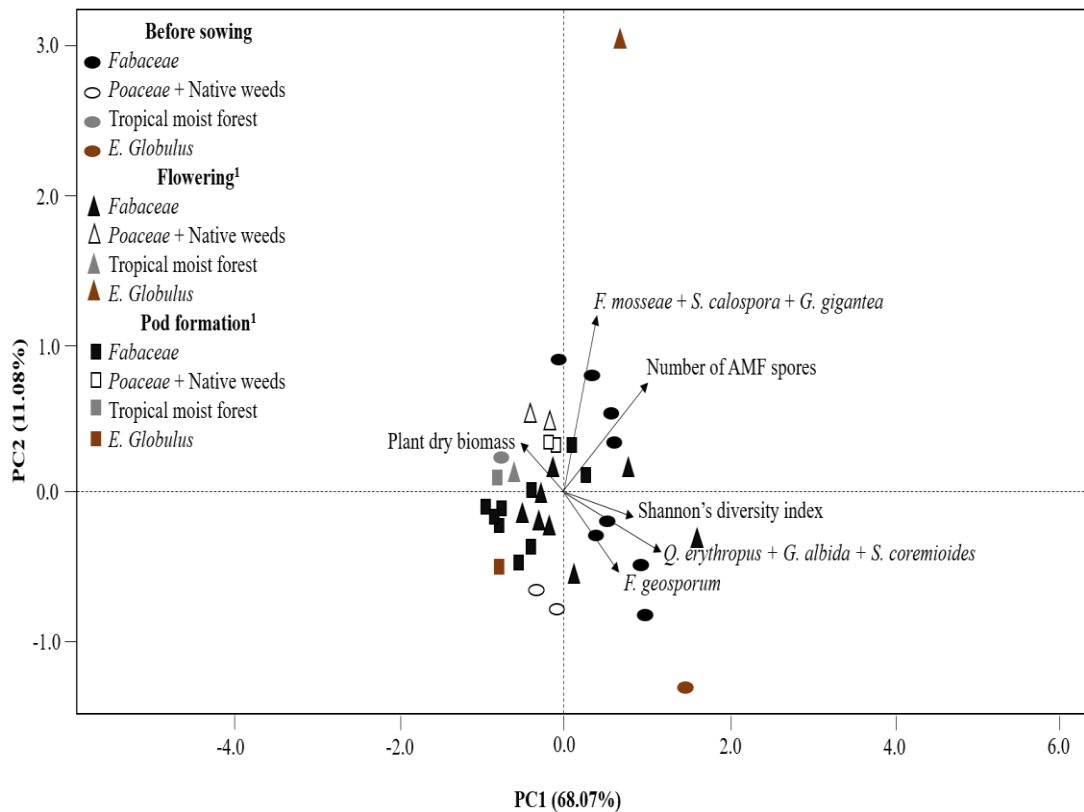


Figura 4. PCA de espécies de AMF quando relacionada à biomassa seca e índice de diversidade de Shannon (H') para as dez espécies para adubação verde e os ambientes

controle. ¹Época de amostragem de acordo com o estágio de crescimento das espécies para adubação verde.

Índice de Qualidade Micorrízica (IQM)

Com base nos dados obtidos foi possível desenvolver uma equação que permitiu estimar um Índice de Qualidade Micorrízica ($F_{7,2} = P < 0,05$; $R^2 = 0,99$) nas três épocas de coleta das áreas estudadas considerando um indicador biológico (Número de esporos de micorrizas por 100 g de solo), a ocorrência de duas espécies de FMAs, dois índices ecológicos (índice de diversidade – Shannon e índice de dominância – Simpson) e um índice de produtividade (Biomassa seca vegetal $t\ ha^{-1}$). Cada variável possui uma percentagem de representatividade dentro da equação, desde 5% (Índice de diversidade – Shannon), até 30% (Número de esporos por 100 g de solo). O IQM está fundamentado na seguinte lógica: quanto maior a Qualidade Micorrízica, maior a ocorrência das comunidades de FMAs nesse ambiente. Os valores obtidos a partir do IQM são apresentados na Tabela 4.

$$IQM = 0,3**NoS + 0,2**G. gigantea + 0,15**C + 0,08**BSV + 0,07**F.geosporum + 0,05**H' + 0,15****$$

onde:

NoS = Número de esporos observados em 100 g de solo

G. gigantea = espécie *Gigaspora gigantea* (T.H. Nicolson & Gerd.) Gerd. & Trappe (esporos em 100 g de solo)

C = Índice de dominância – Simpson

BSV = Biomassa seca vegetal ($t\ ha^{-1}$)

F.geosporum = espécie *Funneliformis geosporum* (T.H. Nicolson & Gerd.) C. Walker & Schüßler (esporos em 100 g de solo)

H' = Índice de diversidade – Shannon

**Significativo a 0,001% de probabilidade

De acordo com os resultados obtidos, os valores médios apresentados pela Floresta tropical úmida + *E. globulus* ($-0,15 \pm 0,76$; $4,76 \pm 2,17$; e $-0,55 \pm 0,77$), foram considerados como inferiores à faixa adequada para cada época de coleta. Desse modo, todos os valores acima dessa faixa corresponderam a espécies vegetais com maior ocorrência de FMAs.

Tabela 4. Índice de qualidade micorrízica proposto nas características do experimento de campo, Areia, Paraíba, Brasil, 2018

Tratamento	Antes da semeadura	Floração	Formação de vagem
<i>C. ensiformis</i>	$5,85 \pm 3,42$	$5,06 \pm 2,60$	$0,73 \pm 0,64$
<i>C. juncea</i>	$4,52 \pm 4,79$	$2,02 \pm 2,32$	$1,91 \pm 1,94$
<i>C. ochroleuca</i>	$4,73 \pm 3,68$	$-0,14 \pm 0,66$	$0,41 \pm 1,35$
<i>C. spectabilis</i>	$4,87 \pm 3,69$	$1,33 \pm 1,36$	$-0,26 \pm 0,12$
<i>D. lablab</i>	$4,92 \pm 1,65$	$0,31 \pm 0,26$	$2,42 \pm 0,94$
<i>M. pruriens</i>	$4,10 \pm 3,23$	$3,28 \pm 0,93$	$3,96 \pm 0,12$
<i>N. wightii</i>	$6,21 \pm 4,31$	$1,01 \pm 0,66$	$3,62 \pm 2,37$
<i>S. aterrimum</i>	$3,20 \pm 4,01$	$7,01 \pm 1,25$	$5,26 \pm 1,63$
<i>P. glaucum</i>	$1,87 \pm 0,95$	$4,74 \pm 0,37$	$2,14 \pm 1,57$
<i>B. decumbens</i> + plantas espontâneas	$2,96 \pm 2,79$	$2,63 \pm 2,33$	$1,26 \pm 0,40$
Tropical moist forest	$-1,14 \pm 0,96$	$-0,48 \pm 1,66$	$-1,46 \pm 0,24$
<i>E. globulus</i>	$0,84 \pm 0,55$	$10,00 \pm 2,68$	$0,36 \pm 1,31$
Valor médio			
<i>Fabaceae</i>	$4,80 \pm 3,60$	$2,48 \pm 1,25$	$2,25 \pm 1,14$
<i>Poaceae</i>	$2,41 \pm 1,87$	$3,69 \pm 1,35$	$1,70 \pm 0,99$
Floresta tropical úmida + <i>E. globulus</i>	$-0,15 \pm 0,76$	$4,76 \pm 2,17$	$-0,55 \pm 0,77$

Discussão

Os resultados observados neste estudo evidenciaram a influência das espécies de adubos verdes sobre a composição da comunidade (i.e., Frequência de ocorrência de espécies, riqueza, índice de diversidade – Shannon, índice de dominância – Simpson) de FMAs nativos em solo arenoso no Semiárido brasileiro. Quando comparadas as espécies para adubação verde, os maiores valores observados na frequência de ocorrência para as épocas de amostragem foram encontrados nas espécies da família *Fabaceae*, o qual pode estar relacionado com: i) elevada produção de biomassa seca vegetal; ii) atividade radicular; e iii) pareamento hospedeiro-FMAs específicos com espécies de FMAs da Ordem Glomerales assim como descrito nos estudos desenvolvidos por Guareschi et al. (2012), Souza e Santos (2018) e Qin e Yu (2019).

Na fase de pré-semeadura as maiores frequências de ocorrência de espécies de FMAs foram observadas nas parcelas cultivadas com as espécies do gênero *Crotalaria*. Por outro lado, nas espécies de plantas da família *Poaceae* foram observados valores próximos dos apresentados pelas plantas da família *Fabaceae* para ocorrência de espécies de FMAs, o qual está relacionado às características radiculares das espécies vegetais (i.e., sistema radicular maior, o que facilita a relação simbiótica micorrízica) (Brearley et al. 2016).

Considerando que houve incorporação da biomassa vegetal das mesmas espécies no ciclo anterior, pode-se afirmar que a comunidade de FMAs foi influenciada pela presença dessa biomassa o que respalda a hipótese 1: Espécies de plantas da família *Fabaceae* são mais recomendadas como promotoras da qualidade micorrízica do que espécies de plantas da família *Poaceae*, devido à alta produtividade de biomassa vegetal e consequente incorporação ao solo, assim como pelas propriedades particulares de associação com espécies de FMAs. Resultados semelhantes foram observados por Benkhroua et al. (2017), em solos cultivados com *C. ochroleuca* sobre a composição da comunidade micorrízica. Estes autores ainda ressaltam que espécies de plantas do gênero *Crotalaria* são consideradas como promotoras da atividade e infectividade micorrízica nativa de solos arenosos.

Neste contexto, pode-se afirmar que, quanto maior o fornecimento de biomassa de qualidade, maior será o benefício às culturas subsequentes pela associação de espécies de FMAs (Rajeshkumar et al. 2015; Souza et al. 2015; Crossay et al. 2019). As espécies de

plantas para serem consideradas promotoras da atividade micorrízica devem apresentar: i) alta produção de biomassa, ii) atividade radicular promotora da germinação de glomerosporos; e iii) ciclo de retroalimentação positivo no ambiente edáfico promovendo a manutenção da diversidade da comunidade micorrízica (Souza e Freitas 2017), assim como observado nas parcelas onde foram cultivadas espécies de plantas da família *Fabaceae*. Em estudo desenvolvido nas condições do Semiárido brasileiro, quando avaliada a produção de biomassa vegetal em espécies de plantas da família *Fabaceae*, as espécies *C. juncea*, *C. ochroleuca*, *C. ensiformis*, *D. lablab* e *M. pruriens* apresentaram os maiores valores, assim como elevados teores de macronutrientes foliares (Melo et al. 2019b).

Com relação aos grupos de plantas da família *Fabaceae* e *Poaceae*, também foram observadas diferenças significativas para riqueza de comunidades de FMAs presentes nas diferentes épocas de amostragem, sendo as espécies *C. spectabilis* e *B. decumbens* + plantas espontâneas as que apresentaram valores superiores na coleta de pré-semeadura. Para as coletas na época de florescimento e formação de vagens, as espécies que se sobressaíram foram *C. ensiformis* e *P. glaucum*, assim como *S. aterrimum* e *D. lablab*, respectivamente.

No entanto, quando comparadas com a Floresta tropical úmida e *E. globulus*, houve diferenças significativas entre as comunidades de FMAs presentes nas parcelas cultivadas com as diferentes espécies de plantas com aptidão para a adubação verde com as comunidades de FMAs nas diferentes épocas de coleta. Algumas espécies de plantas podem reduzir a relação simbiótica micorrizica (i.e., ecossistemas naturais), enquanto outras espécies de plantas (i.e., da família *Fabaceae*) promovem a associação micorrízica (Benkhroua et al. 2017; Qin e Yu 2019).

Por meio da análise de componentes principais (PCA) pode-se verificar a influência das diferentes épocas de amostragem, entre as espécies vegetais estudadas e as comunidades de espécies de FMAs. É possível destacar o comportamento das espécies de FMAs fortemente dependente das épocas de coleta no plantio de *E. globulus*, representado pela distribuição dissimilar na PCA. Por outro lado, a Floresta tropical úmida apresentou comportamento uniforme durante as amostragens nas diferentes épocas. A riqueza de FMAs, assim como o número de esporos presentes em ambientes com diferentes usos da terra, são influenciados tanto pela densidade na população vegetal, quanto pela pouca ou

quase nula capacidade micorrízica das espécies de plantas (Stürmer e Siqueira 2011; Pereira et al. 2014; Silva et al. 2014).

Para determinar a qualidade de uma área, diversos índices têm sido desenvolvidos considerando indicadores de acordo com as correlações desejadas. O índice A/C, baseado exclusivamente nas densidades das comunidades Acari e Collembola, o índice QBS-ar, o qual considera a qualidade do solo em função da adaptabilidade dos organismos de microartrópodes no habitat estudado, o índice MSQ, que considera a qualidade do solo em função das características físico-químicas e biológicas do solo nas minas de carvão (Tabaglio et al. 2009; Menta et al., 2011; Mukhopadhyay et al. 2014). Porém, não se tem registro de índices baseados na presença de espécies de FMAs quando correlacionados com as espécies vegetais donde ocorrem.

Para estimar o potencial de colonização de FMAs nas áreas estudadas nas condições do Semiárido brasileiro, foi gerada uma equação que permitiu correlacionar variáveis em função das comunidades de FMAs (Número de esporos, ocorrência das espécies *G. gigantea* e *F. geosporum*), um índice de produtividade (Biomassa seca vegetal) e dois índices ecológicos (Índice de diversidade – Shannon e índice de dominância – Simpson).

O Índice de Qualidade Micorrízica (IQM) encontra-se fundamentado na seguinte lógica: quanto maior a Qualidade Micorrízica, maior a ocorrência de espécies de FMAs. A ocorrência de *Funnelformis* e *Gigaspora* corresponde com registros prévios realizados por Lucena et al. (2018) e Souza et al. (2018b) em ambientes do Semiárido brasileiro. Cabe ressaltar a presença dessas espécies na Floresta tropical úmida e no plantio de *E. globulus*, embora em menor escala que os valores apresentados pelas plantas de espécies recomendadas para adubação verde.

O IQM mostrou Qualidade Micorrízica inferior na Floresta tropical úmida + *E. globulus*. Desse modo, todos os valores acima dessa faixa corresponderam a espécies vegetais com maior ocorrência de FMAs. Atribuem-se esses baixos valores de ocorrência de FMAs pela condição de estabilidade da vegetação, o que diminui a dependência simbiótica micorrízica (Stürmer e Siqueira 2011; Yang et al. 2017). Por outro lado, a comunidade de FMAs pode ser afetada pelos níveis de pH e níveis de polifenóis da biomassa no plantio de *E. globulus* (Soumare et al. 2015).

As espécies vegetais com maior qualidade micorrízica foram as espécies da família *Fabaceae* quando comparados os valores médios apresentados pelas espécies da família *Poaceae*. Pelo anterior é possível corroborar a nossa segunda hipótese: Espécies de plantas para adubação verde nas condições do Semiárido brasileiro apresentam variações estatísticas para os índices ecológicos (riqueza, diversidade – Shannon, dominância – Simpson) quando comparadas com ecossistemas naturais (Floresta tropical úmida e *E. globulus*). A importância de conhecer o comportamento das espécies de FMAs na invasão biológica radica na necessidade de identificar os elementos dentro do ambiente que influenciam na ocorrência das comunidades micorrízicas (Silva et al. 2014; Souza et al. 2018b).

Conclusões

Com base nos resultados obtidos neste trabalho é possível fazer as seguintes afirmações: 1) As espécies de plantas da família *Fabaceae* (i.e., *C. juncea*, *C. ochroleuca*, *C. spectabilis*, *D. lablab*, *M. pruriens* e *S. aterrimum*) demonstraram ser excelentes promotoras da qualidade micorrízica, devido à alta produtividade de biomassa vegetal e consequente incorporação ao solo, assim como pelas propriedades particulares de associação com espécies de FMAs; 2) O uso de espécies vegetais da família *Fabaceae* influi de maneira positiva à ocorrência e diversidade de espécies da comunidade de FMAs, superando ainda a atividades micorrízica das áreas de Floresta tropical úmida e plantio de *E. globulus*.

Agradecimentos

Os autores agradecem à Universidade Federal da Paraíba pela disponibilidade de área, equipamentos, funcionários e instalações para a realização do experimento. Às instituições “Tecnológico Nacional de México” (TecNM) e “Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología” (CONACYT) pelo patrocínio e financiamento da bolsa de pós-graduação à primeira autora.

Referências

- Alvares, CA, Stape, JL, Sentelhas, PC, Moraes, G, Leonardo, J, Sparovek, G (2013) Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*. <https://doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>
- Badalamenti E, Ciolfi M, Lauteri M, Quatrini P, Mantia T (2018) Effects of Arbuscular Mycorrhizal Fungi on the vegetative vigor of *Ailanthus altissima* (Mill.) swingle seedlings under sustained pot Limitation. *Forests*. <https://doi.org/10.3390/f9070409>
- Barel JM, Kuyper TW, Boer W, Douma JC, Deyn GB (2018) Legacy effects of diversity in space and time driven by winter cover crop biomass and nitrogen concentration. *Journal of Applied Ecology*. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.12929>
- Benkhroua N, Hafidi M, Badri W, Baudoin E, Thioulouse J, Prin Y, Galiana A, Ouahmane L, Ouhammou A, Sanguin H, Duponnois, R (2017) Management of the mycorrhizal soil infectivity with *Crotalaria ochroleuca*, an indigenous wild legume in the tropics: Impacts on microbial functional diversity involved in phosphorus mobilization processes in a Sahelian soil. *Ecological Engineering*. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2017.01.010>
- Black CA, Evans DD, White JL, Ensminger LE, Clark FE (1965) Methods of soil analysis, Part 2, Agronomy 9. Amer. Soc. of Agronomy, Madison, WI, 771-1572.
- Brearley FQ, Elliott DR, Iribar A, Sen R (2016). Arbuscular mycorrhizal community structure on co-existing tropical legume trees in French Guiana. *Plant and soil*. <https://doi.org/10.1007/s11104-016-2818-0>
- Chieza ED, Guerra JGM, Araújo ES, Espíndola JA, Fernandes RC (2017) Produção e aspectos econômicos de milho consorciado com *Crotalaria juncea* L. em diferentes intervalos de semeadura, sob manejo orgânico. *Revista Ceres*, 64:189-196.
- Crossay T, Majorel C, Redecker D, Gensous S, Medevielle V, Durrieu G, Cavaloc Y, Amir H (2019) Is a mixture of arbuscular mycorrhizal fungi better for plant growth than single-species inoculants? *Mycorrhiza*. <https://doi.org/10.1007/s00572-019-00898-y>

Gerdemann JW, Nicolson TH (1963) Spores of micorrhizal endogone extracted from soil by wet sieving and decanting. Transactions of the British Mycological Society, 46:235-244.

Guareschi RF, Pereira MG, Perin A (2012). Deposição de resíduos vegetais, matéria orgânica leve, estoques de carbono e nitrogênio e fósforo remanescente sob diferentes sistemas de manejo no cerrado goiano. Revista Brasileira de Ciência do Solo. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=180222945021>

Jenkins WR (1964) A rapid centrifugal-flotation technique for separating nematodes from soil. Plant Disease Reporter, 48:692.

Lucena EO, Souza TAF, Araújo JS, Andrade LA, Santos D, Podestá GS (2018) Occurrence and distribution of *Gigaspora* under *Cryptostegia madagascariensis* Bojer Ex Decne in Brazilian tropical seasonal dry forest. Revista Agropecuária Técnica. <https://doi.org/10.25066/agrotec.v39i3.40055>

Melo LN, Souza TAF, Santos D (2019a) Cover crop farming system affect macroarthropods community diversity of Caatinga, Brazil. Biologia. <https://doi.org/10.2478/s11756-019-00272-5>

Melo LN, Souza TAF, Santos D (2019b) Transpiratory rate, biomass production and leaf macronutrient content of different plant species cultivated on a Regosol in the Brazilian semiarid. Russian Agricultural Sciences. <https://doi.org/10.3103/S1068367419020150>

Menta C, Leoni A, Gardi C, Conti FD (2011) Are grasslands important habitats for soil microarthropod conservation? Biodiversity and Conservation. <https://doi.org/10.1007/s10531-011-0017-0>

Mishra G, Marzaioli R, Giri K, Borah R, Dutta A, Jayaraj RSC (2017) Soil quality assessment under shifting cultivation and forest in Northeastern Himalaya of India. Archives of Agronomy and Soil Science. <https://doi.org/10.1080/03650340.2017.1281390>

Mukhopadhyay S, Maiti SK, Mastro RE (2014). Development of mine soil quality index (MSQI) for evaluation of reclamation success: A chronosequence study. Ecological Engineering. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2014.07.001>

Oehl F, Sieverding E, Palenzuela J, Ineichen K, Silva GA (2011) Advances in Glomeromycota taxonomy and classification. IMA Fungus. <https://dx.doi.org/10.5598/imafungus.2011.02.02.10>

Okalebo JR, Gathia, KW, Woomer, PL (1993) Laboratory Methods of Plant and Soil Analysis: A Working Manual. Technical Bulletin No. 1, Soil Science Society East Africa.

Pereira CMR, Silva DKA, Ferreira ACA, Goto BT, Maia LC (2014) Diversity of arbuscular mycorrhizal fungi in Atlantic forest areas under different land uses. Agriculture, Ecosystems & Environment. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2014.01.005>

Rajeshkumar PP, Thomas GV, Gupta A, Gopal M (2015) Diversity, richness and degree of colonization of arbuscular mycorrhizal fungi in coconut cultivated along with intercrops in high productive zone of Kerala, India. Symbiosis. <https://doi.org/10.1007/s13199-015-0326-2>

Qin F, Yu S (2019) Arbuscular mycorrhizal fungi protect native woody species from novel weapons. Plant and Soil. <https://doi.org/10.1007/s11104-019-04063-4>

R CORE TEAM (2018) R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>

Silva IR, Mello CMA, Neto RAF, Silva DKA, Melo AL, Oehl F, Maia LC (2014) Diversity of arbuscular mycorrhizal fungi along an environmental gradient in the Brazilian semiarid. Applied Soil Ecology. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2014.07.008>

Soumare A, Manga A, Fall S, Hafidi M, Ndoeye I, Duponnois R (2015) Effect of *Eucalyptus camaldulensis* amendment on soil chemical properties, enzymatic activity, *Acacia* species growth and roots symbioses. Agroforestry Systems. <https://doi.org/10.1007/s10457-014-9744-z>

Souza GAVS, Souza TAF, Santos D, Rios ES, Souza GJL (2018a) Agronomic evaluation of legume cover crops for sustainable agriculture. Russian Agricultural Sciences. <https://doi.org/10.3103/S1068367418010093>

Souza TAF, Andrade LA, Freitas H, Sandim AS (2018b) Biological invasion influences the outcome of plant-soil feedback in the invasive plant species from the Brazilian semi-arid. *Microbial Ecology*. <https://doi.org/10.1007/s00248-017-0999-6>

Souza TAF, Freitas H (2017) Arbuscular mycorrhizal fungal community assembly in the Brazilian tropical seasonal dry forest. *Ecological Processes*. <https://doi.org/10.1186/s13717-017-0072-x>

Souza TAF, Rodrigues AF, Marques LF (2015) Long-term effects of alternative and conventional fertilization I: Effects on arbuscular mycorrhizal fungi community composition. *Russian Agricultural Sciences*. <https://doi.org/10.3103/S1068367415060245>

Souza TAF, Rodriguez-Echeverria S, Freitas H, Andrade LA, Santos D (2018) *Funneliformis mosseae* and invasion by exotic legumes in a Brazilian tropical seasonal dry forest. *Russian Journal of Ecology*. <https://doi.org/10.1134/S1067413618060127>

Souza TAF, Santos D (2018) Effects of using different host plants and long-term fertilization systems on population sizes of infective arbuscular mycorrhizal fungi. *Symbiosis*. <https://doi.org/10.1007/s13199-018-0546-3>

Stürmer SL, Siqueira JO (2011) Species richness and spore abundance of arbuscular mycorrhizal fungi across distinct land uses in Western Brazilian Amazon. *Mycorrhiza*. <https://doi.org/10.1007/s00572-010-0330-6>

Tabaglio V, Gavazzi C, Menta C (2009) Physico-chemical indicators and microarthropod communities as influenced by no-till, conventional tillage and nitrogen fertilization after four years of continuous maize. *Soil and Tillage Research*. <https://doi.org/10.1016/j.still.2009.06.006>

WRB (IUSS Working Group) (2006) World Reference Base for Soil. World Soil Resources Reports. Rome: FAO, 103.

Yang X, Li D, McGrouther K, Long W, Li Y, Chen Y, Lv X, Niazi NK, Song Z, Wang H (2017) Effect of *Eucalyptus* forests on understory vegetation and soil quality. *Journal of Soils and Sediments*, 17:2383-2389. <https://doi.org/10.1007/s11368-016-1431-4>

3. CONCLUSÕES GERAIS

Com base nos resultados neste estudo é possível afirmar que a) Devido à alta produtividade de biomassa vegetal, e consequente incorporação ao solo, as espécies de plantas da Família *Fabaceae* podem ser consideradas como promotoras da qualidade nos ambientes onde estiverem estabelecidas, devido à alta produtividade de biomassa vegetal e consequente incorporação ao solo; b) As espécies vegetais das Famílias *Fabaceae* e *Poaceae* nas condições ambientais da região do Semiárido brasileiro, demonstraram influir diretamente na diversidade e ocorrência das comunidades de macroartrópodes do solo e fungos micorrízicos arbusculares; c) As condições de sazonalidade da região influem a diversidade e presença da população de macroartrópodes do solo.

Este trabalho revela a importância de correlacionar variáveis correspondentes aos ambientes onde ocorrem os organismos edáficos para avaliação da qualidade nessa área.

4. ANEXOS

Anexo I. Incidência de macroartrópodos edáficos em espécies vegetais utilizadas como adubo verde em experimento de campo, Areia, Paraíba, Brasil, 2018 (mean±SD, n=200)

Espécies de plantas estudadas	Época	Ordem Hymenoptera, Família Formicidae	Ordem Orthoptera, Família Grylloidea	Ordem Thysanoptera, Família Thripidae	Ordem Blattodea, Família Blattidae	Ordem Blattodea, Família Termitidae	Ordem Coleoptera, Família Carabidae	Ordem Hemiptera, Família Cercopidae	Ordem Homoptera, Família Membracidae
<i>P. glaucum</i>	Chuvosa	26,33 ± 0,72	0,66 ± 0,01	0,66 ± 0,01	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00	2,33 ± 0,02	0,00 ± 0,00	0,33 ± 0,00
<i>C. ochroleuca</i>		21,00 ± 1,13	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00	1,66 ± 0,01	0,33 ± 0,00	0,00 ± 0,00
<i>M. pruriens</i>		34,00 ± 1,40	0,33 ± 0,01	1,00 ± 0,01	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00	5,00 ± 1,00	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00
<i>S. aterrimum</i>		14,33 ± 0,89	0,33 ± 0,01	2,00 ± 0,02	0,00 ± 0,00	0,33 ± 0,06	4,33 ± 0,05	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00
<i>C. ensiformes</i>		26,33 ± 1,87	0,66 ± 0,01	0,33 ± 0,01	0,33 ± 0,06	0,00 ± 0,00	5,33 ± 0,04	0,33 ± 0,00	0,66 ± 0,01
<i>N. wightii</i>		28,66 ± 0,56	1,33 ± 0,11	0,66 ± 0,01	0,00 ± 0,00	1,66 ± 0,02	3,00 ± 0,20	0,00 ± 0,00	0,33 ± 0,0
<i>D. lablab</i>		21,33 ± 1,41	0,66 ± 0,05	2,33 ± 0,15	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00	2,33 ± 0,02	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00
<i>C. spectabilis</i>		20,00 ± 1,58	0,66 ± 0,05	2,00 ± 0,17	1,00 ± 0,01	1,33 ± 0,01	8,33 ± 0,55	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00
<i>C. juncea</i>		26,33 ± 2,01	0,00 ± 0,00	0,33 ± 0,01	0,00 ± 0,00	0,33 ± 0,00	1,66 ± 0,05	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00
<i>B. decumbens</i>		16,66 ± 1,25	0,66 ± 0,01	0,33 ± 0,01	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00	0,66 ± 0,01	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00
<i>P. glaucum</i>	Seca	64,33 ± 2,89	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00	0,66 ± 0,11	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00
<i>C. ochroleuca</i>		66,00 ± 2,78	0,33 ± 0,05	0,00 ± 0,00	0,33 ± 0,01	0,00 ± 0,00	1,00 ± 0,10	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00
<i>M. pruriens</i>		122,00 ± 3,99	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00	0,33 ± 0,00	0,66 ± 0,11	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00
<i>S. aterrimum</i>		44,66 ± 1,95	1,00 ± 0,10	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00	2,66 ± 0,11	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00
<i>C. ensiformes</i>		53,00 ± 0,36	0,33 ± 0,05	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00	1,33 ± 0,10	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00
<i>N. wightii</i>		37,66 ± 1,20	0,66 ± 0,11	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00	1,00 ± 0,10	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00
<i>D. lablab</i>		71,66 ± 2,20	0,33 ± 0,05	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00	0,66 ± 0,05	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00
<i>C. spectabilis</i>		28,00 ± 2,42	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00	1,00 ± 0,017	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00
<i>C. juncea</i>		55,66 ± 0,32	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00	0,33 ± 0,05	0,00 ± 0,00	1,00 ± 0,10	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00
<i>B. decumbens</i>		197,33 ± 15,02	0,33 ± 0,005	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00	0,33 ± 0,005	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00

Espécies de plantas estudadas	Época	Ordem Diptera, Família Muscoidea	Ordem Araneae, Família Filistatidae	Ordem Dermaptera, Família Forficulidae	Ordem Scorpiones, Família Scorpionidae	Ordem Neuroptera, Família Ithonidae	Larva de Lepidoptera, Família Pyrilidae	Larva de Coleoptera, Família Passalidae
<i>P. glaucum</i>	Chuvosa	5,00 ± 0,078	0,33 ± 0,00	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00
<i>C. ochroleuca</i>		3,00 ± 0,10	2,66 ± 0,02	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00	0,33 ± 0,00	0,00 ± 0,00	0,66 ± 0,01
<i>M. pruriens</i>		2,00 ± 0,01	0,33 ± 0,00	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00	0,33 ± 0,00	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00
<i>S. aterrimum</i>		2,66 ± 0,02	0,66 ± 0,00	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00	2,00 ± 0,03	0,00 ± 0,00
<i>C. ensiformes</i>		2,00 ± 0,03	1,00 ± 0,01	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00
<i>N. wightii</i>		4,00 ± 0,17	2,00 ± 0,02	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00
<i>D. lablab</i>		1,66 ± 0,02	1,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00	1,33 ± 0,02	0,00 ± 0,00
<i>C. spectabilis</i>		5,66 ± 0,30	0,66 ± 0,01	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00
<i>C. juncea</i>		5,00 ± 0,04	0,33 ± 0,00	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00	0,33 ± 0,06	0,00 ± 0,00
<i>B. decumbens</i>		6,00 ± 0,070	2,33 ± 0,03	0,33 ± 0,00	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00	0,33 ± 0,00
<i>P. glaucum</i>	Seca	0,66 ± 0,057	1,33 ± 0,05	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00	0,66 ± 0,01	0,00 ± 0,00
<i>C. ochroleuca</i>		3,00 ± 0,34	2,33 ± 0,02	0,00 ± 0,00	0,33 ± 0,05	0,00 ± 0,00	0,66 ± 0,05	0,33 ± 0,00
<i>M. pruriens</i>		0,66 ± 0,05	3,33 ± 0,20	0,66 ± 0,01	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00
<i>S. aterrimum</i>		0,00 ± 0,00	2,00 ± 0,10	0,00 ± 0,00	0,66 ± 0,01	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00
<i>C. ensiformes</i>		0,33 ± 0,05	1,66 ± 0,01	0,00 ± 0,00	0,66 ± 0,05	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00
<i>N. wightii</i>		1,66 ± 0,15	0,33 ± 0,00	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00
<i>D. lablab</i>		1,66 ± 0,20	1,00 ± 0,01	0,00 ± 0,00	1,33 ± 0,01	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00
<i>C. spectabilis</i>		0,33 ± 0,05	0,33 ± 0,00	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00	0,66 ± 0,01	0,33 ± 0,00
<i>C. juncea</i>		0,00 ± 0,00	1,66 ± 0,02	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00	0,33 ± 0,00
<i>B. decumbens</i>		0,33 ± 0,05	1,00 ± 0,01	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00	0,33 ± 0,00	0,00 ± 0,00

Anexo II. Valores de frequência de ocorrência nas áreas estudadas (áreas de adubo verde- *Fabaceae* e *Poaceae*, - Floresta tropical úmida, e plantio de *E. globulus*) do Semiárido brasileiro, seguidas pela classificação taxonômica de fungos micorrízicos arbusculares (FMA).

Espécies de FMA	Fabaceae								Poaceae		Floresta tropical úmida	
	C_ens	C_esp	C_jun	C_och	D_lab	M_pru	N_wig	S_ate	B_dec	P_gla		E_globulus
Antes da semeadura												
<i>Acaulospora tuberculata</i> Janos & Trappe	0,00	9,09	3,70	4,95	0,00	0,00	5,19	1,09	1,57	2,99	0,00	0,00
<i>Claroideoglossus claroideum</i> (N.C. Schenck & G.S. Sm.) C. Walker & Schüßler	3,23	20,20	35,19	5,94	1,02	13,68	13,33	2,17	13,39	20,90	37,01	15,66
<i>Claroideoglossus etunicatum</i> (W.C. Becker & Gerd.) C. Walker & Schüßler	0,00	7,07	0,00	0,00	3,06	3,16	13,33	8,70	15,75	1,49	9,45	4,82
<i>Entrophospora infrequens</i> (I.R. Hall) R.N. Ames & R.W. Schneider	3,23	0,00	0,00	0,00	0,00	1,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Funneliformis geosporum</i> (T.H. Nicolson & Gerd.) C. Walker & Schüßler	0,00	0,00	0,00	7,92	0,00	4,21	0,00	5,43	0,00	4,48	0,00	0,00
<i>Funneliformis mosseae</i> (T.H.Nicolson & Gerd.) C. Walker & A. Schüßler	21,51	7,07	24,69	17,82	30,61	16,84	25,93	26,09	7,87	11,94	8,66	20,48
<i>Gigaspora albida</i> N.C. Schenck & G.S. Sm	6,45	4,04	0,00	5,94	6,12	17,89	8,15	2,17	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Gigaspora decipiens</i> I.R. Hall & L.K. Abbott	0,00	8,08	0,00	0,99	0,00	2,11	0,74	1,09	3,94	0,00	9,45	4,82
<i>Gigaspora gigantea</i> (T.H. Nicolson & Gerd.) Gerd. & Trappe	3,23	4,04	0,00	0,00	5,10	0,00	2,96	0,00	1,57	0,00	0,00	1,20
<i>Gigaspora margarita</i> Becker & Hall	4,30	1,01	13,58	5,94	7,14	8,42	0,00	4,35	1,57	0,00	1,57	1,20
<i>Glomus multicaule</i> Gerdemann & B.K. Bakshi	5,38	2,02	0,62	3,96	3,06	1,05	1,48	10,87	7,87	11,94	0,00	10,84

<i>Quatunica erythropus</i> (Koske & C. Walker) F.A. Souza, Sieverd. & Oehl	9,68	10,10	0,00	0,00	5,10	4,21	2,22	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Racocetra coralloidea</i> (Trappe, Gerd. & I. Ho) Oehl, F.A. Souza & Sieverd	0,00	0,00	0,00	5,94	0,00	3,16	0,00	3,26	3,15	7,46	3,15	7,23
<i>Rhizoglossus intraradices</i> (N.C. Schenck & G.S. Sm.) Sieverd., G.A. Silva & Oehl	15,05	7,07	9,26	12,87	15,31	12,63	14,81	15,22	19,69	22,39	11,02	14,46
<i>Scutellospora calospora</i> (T.H. Nicolson & Gerd.) C. Walker & F.E. Sanders	27,96	19,19	8,64	19,80	23,47	8,42	11,85	13,04	22,83	13,43	19,69	19,28
<i>Sclerocystis coremioides</i> Berkeley & Broome	0,00	1,01	4,32	7,92	0,00	3,16	0,00	6,52	0,79	2,99	0,00	0,00
Floração												
<i>Acaulospora tuberculata</i> Janos & Trappe	4,76	0,00	3,61	2,94	0,00	0,00	3,23	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Claroideoglossus claroideum</i> (N.C. Schenck & G.S. Sm.) C. Walker & Schüßler	12,38	11,76	24,10	0,00	0,00	0,00	8,06	15,04	24,69	14,10	14,42	34,52
<i>Claroideoglossus etunicatum</i> (W.C. Becker & Gerd.) C. Walker & Schüßler	5,71	15,69	15,66	30,88	11,67	21,51	35,48	0,00	0,00	6,41	0,00	0,00
<i>Entrophospora infrequens</i> (I.R. Hall) R.N. Ames & R.W. Schneider	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Funneliformis geosporum</i> (T.H. Nicolson & Gerd.) C. Walker & Schüßler	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	7,69	0,00	0,00
<i>Funneliformis mosseae</i> (T.H. Nicolson & Gerd.) C. Walker & A. Schüßler	11,43	11,76	25,30	8,82	23,33	19,35	16,13	19,55	12,35	17,95	40,87	15,48
<i>Gigaspora albida</i> N.C. Schenck & G.S. Sm	8,57	13,73	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	7,52	0,00	11,54	0,00	0,00
<i>Gigaspora decipiens</i> I.R. Hall & L.K. Abbott	0,00	5,88	1,20	4,41	0,00	7,53	1,61	0,00	17,28	0,00	22,12	15,48
<i>Gigaspora gigantea</i> (T.H. Nicolson & Gerd.) Gerd. & Trappe	6,67	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4,94	0,00	4,33	2,38

<i>Gigaspora margarita</i> Becker & Hall	0,00	0,00	2,41	10,29	11,67	2,15	9,68	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Glomus multicaule</i> Gerdemann & B.K. Bakshi	6,67	0,00	0,00	0,00	6,67	10,75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Quaternica erythropus</i> (Koske & C. Walker) F.A. Souza, Sieverd. & Oehl	8,57	19,61	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	32,33	3,70	15,38	0,00	0,00
<i>Racocetra coralloidea</i> (Trappe, Gerd. & I. Ho) Oehl, F.A. Souza & Sieverd	0,00	0,00	0,00	4,41	0,00	1,08	0,00	0,00	1,23	0,00	0,00	19,05
<i>Rhizoglyphus intraradices</i> (N.C. Schenck & G.S. Sm.) Sieverd., G.A. Silva & Oehl	15,24	5,88	16,87	29,41	31,67	13,98	12,90	15,79	20,99	6,41	1,44	0,00
<i>Scutellospora calospora</i> (T.H. Nicolson & Gerd.) C. Walker & F.E. Sanders	20,00	15,69	9,64	8,82	15,00	23,66	12,90	0,00	14,81	0,00	16,83	13,10
<i>Sclerocystis coremioides</i> Berkeley & Broome	0,00	0,00	1,20	0,00	0,00	0,00	0,00	9,77	0,00	20,51	0,00	0,00
Formação de vagem												
<i>Acaulospora tuberculata</i> Janos & Trappe	0,00	0,00	1,72	0,00	0,00	0,00	4,57	0,44	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Claroideoglyphus claroideum</i> (N.C. Schenck & G.S. Sm.) C. Walker & Schüßler	0,00	24,14	17,24	35,71	0,63	0,00	11,68	9,78	10,17	0,00	11,76	51,22
<i>Claroideoglyphus etunicatum</i> (W.C. Becker & Gerd.) C. Walker & Schüßler	0,00	0,00	1,72	0,00	6,33	25,00	20,30	3,56	0,00	9,68	0,00	0,00
<i>Entrophospora infrequens</i> (I.R. Hall) R.N. Ames & R.W. Schneider	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Funneliformis geosporum</i> (T.H. Nicolson & Gerd.) C. Walker & Schüßler	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,22	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Funneliformis mosseae</i> (T.H. Nicolson & Gerd.) C. Walker & A. Schüßler	32,00	27,59	18,97	14,29	27,85	6,25	22,84	22,22	11,86	12,90	20,59	24,39
<i>Gigaspora albida</i> N.C. Schenck & G.S. Sm	0,00	0,00	0,00	0,00	3,80	0,00	5,58	5,33	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Gigaspora decipiens</i> I.R. Hall & L.K. Abbott	20,00	20,69	5,17	0,00	0,00	0,00	1,02	0,44	52,54	0,00	14,71	7,32

<i>Gigaspora gigantea</i> (T.H. Nicolson & Gerd.) Gerd. & Trappe	0,00	0,00	1,72	14,29	3,16	0,00	2,03	0,00	0,00	0,00	2,44
<i>Gigaspora margarita</i> Becker & Hall	0,00	0,00	6,90	0,00	8,86	9,38	3,05	1,78	0,00	6,45	0,00
<i>Glomus multicaule</i> Gerdemann & B.K. Bakshi	0,00	0,00	0,00	0,00	4,43	0,00	1,02	4,44	0,00	0,00	0,00
<i>Quatunica erythropus</i> (Koske & C. Walker) F.A. Souza, Sieverd. & Oehl	0,00	0,00	0,00	0,00	3,16	0,00	1,52	19,11	3,39	0,00	0,00
<i>Racocetra coralloidea</i> (Trappe, Gerd. & I. Ho) Oehl, F.A. Souza & Sieverd	0,00	13,79	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,33	0,00	29,03	4,88
<i>Rhizoglyphus intraradices</i> (N.C. Schenck & G.S. Sm.) Sieverd., G.A. Silva & Oehl	0,00	0,00	13,79	0,00	21,52	15,63	14,21	15,56	8,47	12,90	0,00
<i>Scutellospora calospora</i> (T.H. Nicolson & Gerd.) C. Walker & F.E. Sanders	48,00	13,79	29,31	35,71	20,25	43,75	12,18	5,33	13,56	29,03	9,76
<i>Sclerocystis coremioides</i> Berkeley & Broome	0,00	0,00	3,45	0,00	0,00	0,00	0,00	8,44	0,00	0,00	0,00